

Biometria do fruto e avaliações físico-química e antioxidante da farinha de calabura

Fruit biometry and physicochemical and antioxidant evaluations of calabura flour

Antonio Carlos Pereira de Menezes Filho
Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde
E-mail: astronomoamadorgoias@gmail.com
OrCID: <https://orcid.org/0000-0003-3443-4205>

Deibity Alves Cordeiro
Universidade Federal de Goiás, Campus Samambaia
E-mail: deibity@gmail.com
OrCID: <https://orcid.org/0000-0002-4948-8559>

Josemar Gonçalves de Oliveira Filho
Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho, Campus Araraquara
E-mail: josemar.gooliver@gmail.com
OrCID: <https://orcid.org/0000-0001-9755-7128>

Carlos Frederico de Souza Castro
Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde
E-mail: carlosfscastro@gmail.com
OrCID: <https://orcid.org/0000-0002-9273-7266>

Resumo: A *Muntingia calabura* é uma espécie arbórea frutífera exótica introduzida no Brasil onde se adaptou muito bem os tipos de solos e clima tropical. O objetivo do trabalho foi analisar a biometria do fruto e constituintes físico-químicos, carotenoides, compostos fenólicos totais e atividade antioxidante da farinha do fruto inteiro de calabura. Os frutos apresentaram comprimento de 1,45 mm, diâmetro de 1,54 mm, massa fresca de 1,97 g e massa seca de 0,41 g. A farinha do fruto apresentou, umidade 6,61%, cinzas 3,72%, lipídeos 3,48%, °Brix 3,5, pH 6,67, cumarinas (+), para cor L* 29,35, a* 11,15, b* 19,98, C* 22,88, h° 60,82, vitamina A 7,74 µg de retinol, vitamina C 15,26 mg 100 g⁻¹, vitamina E em tocoferol 0,11 m/m, carboidratos 85,76%, proteína total 0,43%, β-caroteno 92,94 µg 100 mL⁻¹, licopeno 47,98 µg 100 g⁻¹, compostos fenólicos 10,32 mg EAG 100 g⁻¹, DPPH não foi detectado na amostra, e índice de oxidação igual a 20,5 segundos. A análise biométrica dos frutos apresentou resultados que constituirão novos dados para ecologia e genética desta espécie vegetal. A farinha do fruto inteiro apresentou teores de compostos importantes que podem ser utilizados pela indústria de alimentos para a produção de produtos funcionais, com características bioativas e farmacêuticas no estudo, elaboração e desenvolvimento na linha tópica como soluções fotoprotetoras devido aos teores de vitaminas, carotenoides e compostos fenólicos.

Palavras-chave: Licopeno, Compostos fenólicos totais, Colorimetria, *Muntingia*

Abstract: *Muntingia calabura* is an exotic fruit tree species introduced in Brazil where it has adapted very well the types of soils and tropical climate. The objective of this work was to analyze fruit biometry and physicochemical

constituents, carotenoids, total phenolic compounds and antioxidant activity of whole-fruit meal of *calabura*. The fruits had a length of 1.45 mm, a diameter of 1.54 mm, a fresh mass of 1.97 g and a dry mass of 0.41 g. The fruit meal had 6.61%, ash 3.72%, lipids 3.48%, °Brix 3.5, pH 6.67, coumarins (+), color L* 29.35, a* 11.15, b* 19.98, C* 22.88, h° 60.82, vitamin A 7.74 µg retinol, vitamin C 15.26 mg 100 g⁻¹, vitamin E in tocopherol 0.11 m/m, carbohydrate 85.76%, total protein 0.43%, β-carotene 92.94 µg 100 mL⁻¹, lycopene 47.98 µg 100 g⁻¹, phenolic compounds 10.32 mg GAE 100 g⁻¹, DPPH was not detected in the sample, and oxidation index equal to 20.5 seconds. The biometric analysis of the fruits showed results that will constitute new data for ecology and genetics of this plant species. The flour of the whole fruit presented contents of important compounds that can be used by the food industry for the production of functional products, with bioactive and pharmaceutical characteristics in the study, elaboration and development in the topical line as photoprotective solutions due to the contents of vitamins, carotenoids and phenolic compounds.

Keywords: Lycopene, Total phenolic compounds, Colorimetry, *Muntingia*

Data de recebimento: 05/12/2018

Data de aprovação: 01/05/2020

DOI: <https://doi.org/10.30612/agrarian.v13i49.9084>

Introdução

A calabura (*Muntingia calabura* L.) é originária das Antilhas, pertencente à família Elaeocarpaceae (Lin et al., 2017). De acordo com Vizcaino et al. (2007), a família Elaeocarpaceae apresenta 10 gêneros e cerca de 520 espécies onde entre eles está inserida a *Muntingia calabura*. É uma espécie arbórea frutífera e ornamental, que pode atingir até 13 m de altura, ocorrendo no Brasil como uma espécie exótica introduzida em 1962 pelo Instituto Agronômico de Campinas (Pereira et al., 2016; Figueiredo et al., 2008; Lorenzi et al., 2003). As plantas inseridas no Brasil, China, Índia, Malásia e Filipinas se adaptaram muito bem aos variados tipos de solos, condições pluviométricas e variações climáticas que ocorrem em países tropicais no mundo, produzindo anualmente grandes safras de frutos que servem de alimentos para pássaros, roedores e mamíferos locais e de transição (Pereira et al., 2018; Mahmood et al., 2014; Vizcaino et al., 2007).

Os frutos quando maduros apresentam coloração avermelhada, sabor doce e a polpa, apresentam inúmeras sementes envolvidas em mucilagem. Bem como as folhas, flores e raízes, os frutos também apresentam diversas propriedades bioativas e fitoterápicas, onde vários compostos fitoquímicos já foram identificados e avaliados, mas ainda há muito para se estudar sobre esta espécie frutífera (Pereira et al., 2016; Siriamornpun e Meeso, 2011, Rahman et al., 2010).

Os frutos ainda possuem poucos estudos quanto as suas características físico-químicas, morfológicas, conteúdos de carotenoides, vitaminas, atividades antioxidantes, bem como dados biométricos dos frutos ressaltando a necessidade de novas pesquisas para a avaliação dos compostos bioativos que o fruto compõe. A partir dos frutos podem ser elaborados produtos alimentares como as farinhas que apresentam altas quantidades de compostos bioativos e características funcionais tecnológicas largamente utilizadas em indústrias de alimentos (Da Silveira et al., 2019; Michajluk et al., 2019; Conde et al., 2019).

A busca por novos produtos naturais como as farinhas de origem vegetal vem ganhando mercado tanto nas áreas de alimentos quanto na medicinal, visto que, muitos frutos possuem quantidades importantes de compostos bioativos utilizados na produção de medicamentos que previnam diversas doenças como a hipoglicemia, vários tipos de cânceres e inflamações, bem como, enriquecimento da dieta alimentar com nutrientes e compostos antioxidantes garantindo bases alimentares mais saudáveis, principalmente em países onde a dieta é deficitária (Okoye & Obi, 2017; Tańska et al., 2016; Lima et al., 2012).

As farinhas advindas de frutos possuem importantes características, tanto físico-químicas apresentando baixo teor de umidade, conteúdo variável de lipídeos, proteínas, vitaminas dos complexos A, B, C, D e E bem como compostos com atividade antioxidante. Além desses fatores importantes da qualidade química, há também o fator funcional tecnológico onde indústrias produtoras de alimentos estão adicionando certas concentrações de farinhas variáveis advindas de frutos, legumes e hortaliças bem como a partir dos resíduos advindos do processamento de frutas como, por exemplo, para sucos (resíduos). Estas farinhas podem ser utilizadas também na panificação, em produtos dietéticos alimentícios para crianças e idosos onde já se sabem que são ricas em compostos essenciais para a manutenção do equilíbrio do nosso organismo (Leão et al., 2017; Borges et al., 2009).

O presente trabalho teve por objetivos, a análise biométrica dos frutos, avaliação dos parâmetros físico-químicos, quantificação dos carotenoides, dos compostos fenólicos totais e da atividade antioxidante da farinha do fruto inteiro de calabura (*Muntingia calabura*).

Materiais e Métodos

Os frutos de calabura (*Muntingia calabura*) foram coletados em uma unidade rural no município de Rio Verde-GO, Brasil. A área de coleta está localizada geograficamente nas seguintes coordenadas: 17°43'09.9"S 50°53'06.1"W. Uma exsiccata foi depositada no Herbário do Instituto Federal Goiano, com a seguinte identificação: HRV: 2056. O procedimento experimental foi realizado no laboratório de Química Tecnológica, localizado no Instituto Federal Goiano, campus Rio Verde-GO. Todos os frutos foram lavados em água corrente e deixados para secagem sobre folhas de papel absorvente. Os frutos foram avaliados quanto ao grau de maturação partindo do fruto totalmente verde até fruto totalmente maduro.

Para análise biométrica, foram utilizados 150 frutos inteiros selecionados aleatoriamente, onde foi avaliado quanto ao comprimento, largura, espessura, peso de massa fresca e peso de massa seca. A avaliação métrica foi realizada utilizando paquímetro manual com sensibilidade de (0,01 mm) e o peso determinado em balança analítica digital (sensibilidade de 0,0001g). Após análise de mensuração de massa seca, os frutos foram secos em estufa com circulação forçada de ar com temperatura de 105 °C por 24 horas conforme descrito por Moraes et al. (2018) com modificações.

As análises físico-químicas, quantitativos de carotenoides, compostos fenólicos totais, atividade antioxidante e índice de oxidação foram realizados utilizando o fruto inteiro (casca, polpa e sementes). Os frutos após determinação de massa seca foram triturados em moinho de facas tipo ciclone, onde foi produzida uma farinha com granulometria de 32 mesh. A amostra de farinha foi armazenada em embalagem plástica para alimentos e acondicionada em refrigerador a -8 °C até análises.

Teor de umidade foi determinado pesando-se 1 g de farinha em cadinho previamente seco e tarado. O cadinho foi levado para estufa com circulação de ar forçado a 105 °C por 3 horas. Logo em seguida, foi deixado para esfriar em dessecadora e o peso diferencial foi calculado. As cinzas foram determinadas pesando-se 1 g de farinha em cadinho previamente seco. A amostra foi levada para forno mufla a 550 °C por 3 horas. Em seguida foi deixado esfriar em dessecadora e o peso diferencial calculado conforme descrito por IAL (2008).

O teor de lipídeos foi quantificado pesando-se 5 g de farinha em papel de filtro quantitativo. A amostra foi levada para refluxo por 6 horas em aparelho do tipo Soxhlet, utilizando hexano (P.A – ACS) como solvente extrator. Logo após, o balão com solvente e óleo foi rotaevaporado em rotaevaporador rotativo a pressão negativa, e o peso diferencial do balão com óleo foi quantificado conforme IAL (2008) com modificações. Os sólidos solúveis totais foram determinados em °Brix. Cerca de 10 g de farinha foi acrescida com 100 mL de água destilada e agitada por 30 minutos. Em seguida, a solução foi filtrada em papel de filtro qualitativo. O sobrenadante foi avaliado diretamente em refratômetro digital conforme descrito por Uchoa et al. (2008).

O pH foi determinado utilizando a solução sobrenadante para determinação de °Brix citado anteriormente por Uchoa et al. (2008), utilizando um pHmetro de bancada digital. A presença de compostos cumarínicos foi

determinado pelo teste qualitativo conforme descrito por Menezes e Castro (2018). Inicialmente foi preparado um extrato metanólico 70% (v/v) com cerca de 0,100 mg de farinha por 7 dias em frasco âmbar. Logo após, a solução foi filtrada em papel de filtro qualitativo e armazenada em frasco âmbar até análise. Em tubo de ensaio, foram acrescidos 3 mL do extrato metanólico 70%. Em seguida, o tubo foi tampado com papel de filtro qualitativo com (5x5 cm) de diâmetro e impregnou-se com 1 mL de uma solução de NaOH 10% (P.A – ACS) (m/v). Logo em seguida os tubos foram aquecidos em banho-maria a 100 °C por 10 minutos. Após esfriar a temperatura de 25 °C, o papel foi examinado em luz ultravioleta nos comprimentos de ondas (254 e 365 nm). O resultado positivo é observado pela fluorescência nas cores amarela ou verde.

A colorimetria foi determinada em colorímetro digital, no sistema $L^* a^* b^*$ (CIELAB). Onde L = luminosidade (0 = preto e 100 = branco); a = variando da cor verde ao vermelho (-120 a +120) e b = variando da cor azul ao amarelo (-120 a +120). O índice de Chroma (C^*) e hue Angle (h°) foi calculado conforme descrito por Costa et al. (2017). Para determinação do equivalente de retinol (provitamina A), optou-se pelo método descrito por Menezes et al. (2018). No qual a razão de conversão de 12 μ g de β -caroteno, corresponde a 1 (RAE) *Retinol Activity Equivalent* = 1 μ g de retinol = 12 μ g de β -caroteno, proposto pelo (*Institute of Medicine Interconversion of Vitamin A and Carotenoide Units*).

A determinação de vitamina C seguiu conforme descrito por IAL (2008). Onde foi pesado 5 g de farinha, acrescida com 50 mL de água destilada. A solução foi homogeneizada por 30 minutos. Em seguida foi filtrado com auxílio de papel de filtro qualitativo. Ao sobrenadante, foi retirado 10 mL onde foi acrescido com 10 mL de uma solução de ácido sulfúrico 20% (v/v), 1 mL de uma solução de iodeto de potássio 10% (P.A – ACS) (p/v) e 1 mL de uma solução de amido solúvel 1% (p/v). A titulação foi realizada utilizando iodato de potássio 0,01 N (p/v). (1 mL de iodato de potássio (P.A – ACS) 0,01 N equivale a 0,8806 mg 100 g⁻¹ de ácido ascórbico). A titulação prosseguiu até o aparecimento da coloração azul. A equação 3, expressa o cálculo de determinação de vitamina C.

O conteúdo de vitamina E foi determinado conforme descrito pelo IAL (2008) com modificações. Cerca de 0,1 g de amostra foi saponificada em 50 mL de álcool etílico e 100 mg de ácido cítrico (P.A – ACS). A solução foi aquecida com refluxo em placa aquecedora com agitação por 20 minutos. Após 1 minuto de aquecimento, foi adicionado pelo condensador 1 g de pastilhas de KOH (P.A – ACS). Logo em seguida a solução foi esfriada em banho de gelo. A solução extraída foi lavada com três porções de 40, 30 e 30 mL de éter de petróleo.

Cada partição foi lavada com água destilada até reação incolor pela adição de 3 gotas de fenolftaleína 1% (P.A – ACS) (m/v). As soluções foram filtradas em papel filtro contendo sulfato de sódio anidro (P.A – ACS) e transferidos para um balão volumétrico de 100 mL, o volume foi completado com éter de petróleo. Uma alíquota foi evaporada em capela de exaustão até formação de um resíduo. O resíduo formado foi resuspenso com álcool etílico 95% (P.A – ACS). A solução foi transferida para um balão volumétrico de 25 mL e completado com álcool etílico 95%. A absorvância foi determinada em espectrofotômetro UV-Vis no comprimento de onda em 292 nm. Na equação 4 abaixo, está representado o cálculo de obtenção. O resultado foi expresso em vitamina E (m/m).

A determinação dos carboidratos por diferença seguiu conforme descrito por Oliveira et al. (2018). Onde (100 – (teores de umidade + cinzas + lipídios + proteínas totais)). A fração proteica bruta foi obtida pela determinação da porcentagem de nitrogênio total das amostras, segundo o método de Kjeldahl descrito por Borges et al. (2009) com modificações. A quantidade de 0,25 g de farinha foi colocada em tubo de digestão, acrescido de 7 mL de solução digestora. A digestão ocorreu em bloco digestor a 100 °C, controlando o aumento da temperatura em 25 °C a cada 15 minutos, até 370 °C. O fim da digestão ocorreu quando a amostra apresentou coloração verde-claro transparente. Logo após, os tubos de digestão foram resfriados até temperatura de 25 °C. Foi utilizado destilador de nitrogênio. A titulação foi realizada utilizando solução de HCl 0,1 N padronizado.

A porcentagem de proteína bruta foi calculada aplicando fator de correção de 6,25 sob o nitrogênio total após destilação, e os resultados foram expressos em porcentagem (%). Os teores de betacaroteno e licopeno foram quantificados através da metodologia proposta por Nagata e Yamashita (1992). Onde 5 g de farinha foi

acrescida com uma solução extratora composta por acetona (P.A – ACS), e Hexano (P.A – ACS), na relação (4:6), sob homogeneização a 170 rpm por 15 minutos. Logo após, foi deixado em descanso por 24 horas em refrigerador a -8 °C. Após esse tempo o material foi filtrado em papel filtro, e a absorção foi determinada por espectrofotometria UV-Vis nos comprimentos de ondas, 663, 645, 505 e 453 nm. Utilizou-se como branco a solução extratora. As determinações foram expressas em ($\mu\text{g } 100 \text{ mL}^{-1}$).

Para determinação do teor de compostos fenólicos totais, foi utilizado o extrato metanólico 70% descrito anteriormente. Para a leitura, o método empregado foi o espectrofotométrico em 760 nm, utilizando reagente *Folin-Ciocalteu* em diluição de (1:9) com água destilada. Foi elaborada uma curva padrão em ácido gálico. Os resultados foram expressos em mg de fenólicos totais em equivalente de ácido gálico por 100 g^{-1} de farinha. Foi elaborada uma curva padrão com ácido gálico nas concentrações: 40, 80, 120, 160, 200, 240, 280, 320, 360 e 400 mg L^{-1} . Este parâmetro foi determinado conforme descrito por Melo e Andrade (2010) com modificações.

Atividade antioxidante foi determinada pelo método de DPPH. Inicialmente preparou-se um extrato com cerca de 5 g de farinha. Onde foram adicionados 40 mL de uma solução de metanol 50% (v/v) e homogeneizou-se por 15 minutos e deixou-se em descanso por 60 minutos. A solução foi filtrada em papel de filtro qualitativo e o sobrenadante foi transferido para um balão volumétrico de 100 mL. O resíduo da primeira extração foi resuspendido com 40 mL de uma solução de acetona 70% (v/v) (P.A – ACS), homogeneizou-se por 15 minutos e deixou em repouso por 60 minutos em local livre de luz. Logo em seguida foi filtrado novamente em papel de filtro, e transferido para o balão contendo a primeira extração, o balão foi completado com água destilada.

A determinação da atividade antioxidante seguiu conforme descrito por Menezes et al. (2018) modificado. A partir do extrato produzido anteriormente, foram utilizados 0,5 mL do extrato e 1,5 mL de solução de DPPH ($0,06 \text{ mMol L}^{-1}$) recém-preparada. As amostras foram mantidas em local escuro por 60 min., e logo após, as leituras foram realizadas em absorbância em espectrofotômetro UV-Vis a 517 nm, a solução controle foi constituída de metanol 50% (v/v) no lugar do extrato. O resultado foi expresso em % de proteção.

A porcentagem de proteção foi obtida através de um gráfico com os resultados, lançando-se os valores de concentração em mg L^{-1} no (eixo X) e as (%) de proteção do extrato no (eixo Y). A reta foi determinada para o cálculo de Cl_{50} (quantidade de amostra necessária para reduzir 50% à concentração inicial de DPPH), conforme descrito por Rocha et al. (2013) e desenvolvida por Blois (1958).

A determinação do índice de oxidação em segundos (seg.) seguiu conforme descrito por Silva et al. (2006). Em um béquer de 100 mL, foram pipetados cerca de 3 mL do extrato metanólico 70% e adicionou-se 48 mL de água destilada, sob agitação constante. Em um tubo de ensaio de 25 mL, foram pipetados cerca de 0,5 mL do diluído, acrescidos com 0,5 mL de água destilada e 1 mL de uma solução aquosa de ácido sulfúrico 20% (P.A – ACS) (m/v). O tubo de ensaio foi agitado em Vortex por 1 minuto, logo em seguida, o tubo foi mergulhado em um banho de gelo resfriado a -8 °C. Cerca de 50 μL de uma solução aquosa de KMnO_4 (P.A – ACS) 0,1 N (p/v) foi acrescido no tubo e homogeneizado manualmente, e cronometrou-se o tempo até o desaparecimento da cor vermelha contra um fundo branco.

Para todas as variáveis métricas, foram calculados os valores máximo e mínimo, média, desvio padrão, coeficiente de variação e correlação de *Pearson* (r); os parâmetros físico-químicos, de carotenoides e antioxidante e fenólicos totais foram expressos em triplicata com desvio padrão, para análise de cor, foi realizado em quintuplicata. A análise estatística foi realizada no *software* PAST3 (*PA*Leontological *S*tatistics) (Versão livre 3.18 de 2017).

Resultados e Discussão

Na Figura 1, estão apresentados os estádios de maturação do fruto de calabura (*M. calabura*) coletados em uma área rural localizada no município de Rio Verde, Goiás, Brasil. Como não sendo o objetivo deste estudo, a avifauna da região (*Brotogeris tirica*, *Turdus rufiventris*, *Crotophaga ani*, *Pitangus sulphuratus*, *Sicalis flaveola*, *Ramphastos dicolorus* e *Furnarius rufus*), foi observada se alimentando dos frutos, sendo este, uma forma de reprodução da espécie em estudo (Grantsau & Palo Jr, 2018; De Figueiredo et al., 2008).

Na Tabela 1 estão apresentados os parâmetros estatísticos da avaliação biométrica dos frutos maduros de *M. calabura*. Os frutos possuem formato globoso sendo constituída basicamente de epicarpo (casca), parte interna sem diferenciação do mesocarpo e endocarpo (mucilagem) e milhares de sementes dispersas nesta mucilagem. Os frutos de calabura apresentaram comprimento médio de $1,45 \pm 0,10$ cm, diâmetro médio de $1,54 \pm 0,14$ cm e peso médio do fruto fresco de $1,97 \pm 0,55$ g. Os valores encontrados neste estudo, estão próximos aos observados por Pereira et al. (2016) e Lopes et al. (2002).



Figura 1. Estádios de maturação do fruto de *Muntingia calabura* (calabura). FTV = Fruto Totalmente Verde, 1 verde, 2 verde leve tom de alaranjado, 3 verde alaranjado, 4 alaranjado com início de pigmentação vermelha, 5 predominância de pigmentação vermelha, 6 alta pigmentação vermelha, 7 semi-maduro e FTM = Fruto Totalmente Maduro.

Tabela 1. Parâmetros estatísticos descritivos para comprimento, diâmetro, massa fresca e massa seca dos frutos de *Muntingia calabura*. DP = Desvio Padrão, CV = Coeficiente de Variação.

Carac. Biométricas	Mínimo	Máximo	Média	DP	CV (%)
Comprimento (cm)	1,20	1,60	1,45	0,10	0,07
Diâmetro (cm)	1,00	1,80	1,54	0,14	0,09
Massa fresca (g)	0,69	5,27	1,97	0,55	0,28
Massa seca (g)	0,15	0,59	0,41	0,09	0,23

N = 150 frutos avaliados no estudo.

Na Tabela 2, está apresentada a matriz de correlação de *Pearson* (*r*) comparando as variáveis entre comprimento do fruto, diâmetro do fruto, massa fresca do fruto e massa seca do fruto. Os resultados apresentaram correlação ($p \leq 0,05$), forte e positiva de 88,29% entre massa seca do fruto e comprimento do fruto, correlação moderada e positiva de 78,39%, entre as variáveis comprimento e diâmetro do fruto, ou seja, quanto maior o comprimento do fruto, maior será o diâmetro do mesmo, e relativamente baixa e positiva de 0,0675% entre massa fresca e comprimento do fruto.

Na Tabela 3, estão apresentados os resultados dos parâmetros físico-químicos para a farinha do fruto de calabura onde apresentou teor de umidade de 6,61%. Valencia et al. (2015) avaliaram a farinha do fruto de *B. gasipaes* onde obtiveram teor de umidade igual a 10,1%. O teor de cinzas para a farinha do fruto de calabura foi igual a 3,72%, superior ao obtido por Pereira et al. (2016) onde obtiveram teor superior ao deste estudo para cinzas de 5,65%. Estudo realizado avaliando a farinha de *B. gasipaes* apresentou conteúdo de cinzas de 1,7% no trabalho desenvolvido por Valencia et al. (2015) e de 2,59% para a farinha de banana verde analisada por Borges et al. (2009).

Tabela 2. Matriz de correlação de *Pearson* (r) para as variáveis biométricas dos frutos de *Muntingia calabura*. CF = Comprimento dos Frutos, DF = Diâmetro dos Frutos, MFF = Massa Fresca dos Frutos e MSF = Massa Seca dos Frutos

Parâmetros	CF	DF	MFF	MSF
CF	1	0,7839	-0,1497	-0,0121
DF	< 0,01	1	-0,0855	-0,0681
MFF	0,0675	0,298	1	0,0472
MSF	0,8829	0,4077	0,5666	1

Correlação de *Pearson* (r) a 5% de significância. N = 150 frutos avaliados.

O teor de lipídios foi de 3,48%, já Pereira et al. (2016) encontraram valor inferior igual a 2,34% também para o fruto de calabura. Gustavo et al. (2016) obtiveram para lipídeos resultado de 7,79% avaliando o fruto de *M. calabura*. Os sólidos solúveis totais foram iguais a 3,5 °Brix, inferior ao obtido por Gustavo et al. (2016) de 10,24 °Brix e de 10,24 °Brix por Pereira et al. (2016). Já o pH neste estudo foi igual a 6,67, sendo superior ao obtido por Pereira et al. (2016) igual a 5,64 para *M. calabura*. Borges et al. (2009) encontraram para farinha de banana verde pH igual a 5.30. Valores de pHs entre 5 e 6 são valores considerados críticos para manutenção da qualidade de produtos farináceos, devido a proliferação de microrganismos deterioradores.

A colorimetria apresentou para luminosidade L* de 29,35 sendo uma farinha mais escura com baixa taxa de brilho. O croma a* de 11,15 tende para coloração vermelha e o croma b* apresentou valor de 19,98 se tratando de uma farinha com tom tendendo ao amarelo. Menezes et al. (2018) avaliando a farinha da casca e polpa do fruto de siriguela, obtiveram resultados de cor próximos onde L* igual a 33,95, a* 9,72 e b* 18,54 aos observados neste estudo para farinha do fruto de calabura. O Chroma C* apresentou valor de 22,88 e Hue-Angle de h° 60,82.

A análise qualitativa para compostos cumarínicos apresentou resultado positivo para a presença desta classe de compostos secundários no extrato metanólico 70% da farinha do fruto inteiro de calabura. Esta classe de fitocompostos também foi observada nos frutos de *H. stigonocarpa* na casca, arilo e semente e na casca e semente dos frutos de *B. coccolobifolia* avaliados por Menezes e Castro (2018). As cumarinas possuem atividade anti-inflamatória sendo produzida naturalmente como metabólito secundário pelas plantas. Várias classes de fitocompostos como glicosídeos, flavonoides, saponinas, taninos e terpenóides já foram identificados tanto qualitativamente quanto quantitativamente sendo extraídos das folhas, casca e frutos de *M. calabura* para produção de fitoterápicos como discutido por Preethi et al. (2012).

Tabela 3. Análises físico-químicas, teor de umidade (Tu %), teor de cinzas (Tcz %), teor de lipídeos (Te %), sólidos solúveis totais em °Brix, pH, cumarinas (C), colorimetria, L* (0 preto/100 branco), croma a* (-120 verde/+120vermelho), croma b* (-120 azul/+120 amarelo), Chroma C*, Hue Angle h° da farinha do fruto de calabura (*M. calabura*).

Amostra	Tu (%)	Tcz (%)	Te (%)	°Brix	pH	C**
	6,61 ± 0,14	3,72 ± 0,09	3,48 ± 0,18	3,5 ± 0,16	6,67 ± 0,02	+
FFC*	Cor					
	L*	a*	b*	C*	h°	
	29,35 ± 0,03	11,15 ± 0,02	19,98 ± 0,06	22,88 ± 0,06	60,82 ± 0,04	

*FFC = Farinha Fruto Calabura. **C Cumarinas. Todas as amostras apresentam (±) desvio padrão em triplicata para todas as análises, exceto colorimetria realizada em quintuplicata.

Na Tabela 4 estão apresentados os parâmetros físico-químicos para os teores de, vitamina A que foi igual a 7,74 μg de retinol, para vitamina C apresentou resultado de 12,26 $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ superior ao obtido por Pereira et al. (2016) de 3,30 $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ analisando o fruto da mesma espécie de *M. calabura*. Kubola et al. (2011) encontraram baixo teor igual a 5,5 $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ de vitamina C comparado ao deste estudo para polpa dos frutos de calabura. Rocha et al. (2013) avaliaram os teores de vitamina C em cagaita, chichá, cajuí, jatobá e macaúba onde obtiveram elevados teores de vitamina C iguais a 126,3, 89,3, 500,0, 330,4 e 185,1 $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ respectivamente. Neste estudo para vitamina E em tocoferóis foi encontrado valor igual a 0,11 m/m.

Os carboidratos por diferença apresentaram resultado de 85,76% superior ao obtido por Pereira et al. (2016) de 72,15% para os frutos de calabura. O teor de proteínas apresentou resultado de 0,43%, muito inferior ao obtido pelo mesmo autor avaliando o fruto inteiro de calabura, onde obteve teor de proteína igual a 8,29%.

Tabela 4. Parâmetros físico-químicos: vitamina A em (μg de retinol), vitamina C ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$), vitamina E (m/m), carboidratos C (%) por diferença, teor de proteína total (Tpt %) da farinha do fruto de calabura (*M. calabura*).

Amostra	Vit. A (μg de retinol)**	Vit. C ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$)	Vit. E (m/m)	C (%)***	Tpt (%)
FFC*	7,74 \pm 0,04	15,26 \pm 0,83	0,11 \pm 0,00	85,76 \pm 0,18	0,43 \pm 0,05

* FFC Fruto de calabura. ** 12 μg de β -caroteno, corresponde a 1 (RAE). *** Carboidratos por diferença (100-(teores de umidade + cinzas + lipídeos + proteínas totais). Todas as amostras apresentam (\pm) desvio padrão em triplicata para todas as análises.

Tabela 5. Quantificação dos teores de β -caroteno e licopeno ($\mu\text{g } 100 \text{ mL}^{-1}$), compostos fenólicos totais ($\text{mg EAG } \text{g}^{-1}$)* e DPPH (%), índice de oxidação (seg.) na farinha do fruto de calabura (*M. calabura*).

Amostra	β -caroteno ($\mu\text{g } 100 \text{ mL}^{-1}$)	Licopeno ($\mu\text{g } 100 \text{ mL}^{-1}$)	Fenólicos Totais ($\text{mg EAG } 100 \text{ g}^{-1}$)*	DPPH (%)	IO*** (seg.)
FFC	92,94 \pm 0,49	47,98 \pm 0,33	10,32 \pm 0,34	nd**	20,5 \pm 0,50

FFC = Farinha Fruto Calabura. * mg de EAG 100 g^{-1} = expressos em mg de Ácido Gálico 100 g^{-1} . ** Não Detectado. *** IO (seg.) = Índice de Oxidação em segundos. Todas as amostras apresentam (\pm) desvio padrão em triplicata para todas as análises.

Na Tabela 5 estão apresentados os resultados obtidos para carotenoides em β -caroteno e licopeno onde apresentaram resultados de 92,94 e 47,98 $\mu\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ respectivamente. Compostos carotenoides podem variar entre as espécies da mesma família botânica ou de famílias distintas, algumas também podem ou não apresentar determinados compostos, como observados por Rocha et al. (2013) onde não obtiveram teores de β -caroteno em frutos de chichá e para licopeno em cagaita, cajuí e macaúba.

Os compostos fenólicos totais apresentaram resultado igual a 10,32 $\text{mg EAG } 100 \text{ g}^{-1}$. Pereira et al. (2018) também estudaram o fruto de calabura onde obtiveram compostos fenólicos igual a 15,21 $\text{mg EAG } 100 \text{ g}^{-1}$ superior ao deste estudo. Rocha et al. (2013) avaliando extratos alcoólico e aquoso de frutos da cagaita, chichá, cajuí, jatobá e macaúba obtiveram resultados superiores ao deste estudo, onde apresentaram resultados iguais a 25,19, 85,37, 51,15, 34,1, 60,85 $\text{mg EAG } 100 \text{ g}^{-1}$ para os extratos alcoólico e de 27,42, 11,81, 25,19 e 20,73 $\text{mg EAG } 100 \text{ g}^{-1}$ dos extratos aquoso, os autores não detectaram teor de fenólicos totais no extrato aquoso de chichá.

A atividade antioxidante pela porcentagem de proteção de DPPH, não foi detectada neste estudo. Experimentos realizados com a mesma espécie de fruto de calabura apresentaram em outros trabalhos atividades antioxidantes onde o DPPH foi utilizado para determinação de proteção (Gustavo et al., 2016; Preethi et al., 2010; Roesler et al., 2007). Possivelmente, a quantidade dos fitocompostos que reagem com o radical DPPH esteja abaixo dos limites de detecção, ou os indivíduos onde foram coletados os frutos produzem baixa quantidade destes compostos, ou o modelo de antioxidante DPPH não é o mais indicado para esta detecção e quantificação.

Algumas espécies vegetais podem cessar a produção de alguns metabólitos primários bem como secundários em diferentes épocas do ano, também se observam aumento gradativo nos períodos chuvosos e diminuição nos períodos de estiagem, bem como aumento dos fitocompostos em ataque por herbívoros e fitopatógenos. Já o índice de oxidação foi igual há 20,5 segundos para o extrato metanólico 70% da farinha do fruto inteiro de calabura. O índice de oxidação está diretamente envolvido aos teores de flavonoides (Silva et al., 2006).

Conclusões

Os frutos de calabura apresentaram resultados biométricos que irão compor a literatura científica, sobre os dados genéticos desta espécie frutífera, garantindo pesquisas futuras de conservação do material genético, bem como filogenético e de reprodução. A farinha do fruto inteiro apresentou bons resultados para ser utilizado como ingrediente na culinária e nas indústrias de alimentos para a produção de novos produtos funcionais com características bioativas e no estudo para produção de medicamentos de uso tópico e interno pela indústria farmacêutica.

A farinha do fruto demonstrou altos teores de cinzas, lipídios, vitaminas A, C e E, bem como de carboidratos, β -caroteno, licopeno e compostos fenólicos totais que agem como agentes antioxidantes capturando os radicais livres como o oxigênio singlete.

Agradecimentos

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano; aos órgãos de fomento em pesquisa CAPES, FINEP, CNPq e FAPEG, esta última pela bolsa de mestrado em Agroquímica para o primeiro autor e de doutorado em Zootecnia para o segundo autor.

Referências

- BLOIS, M. S. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. **Nature**, v.1, n.181, p.199-200, 1958.
- BORGES, A. M.; PEREIRA, J.; LUCENA, E. M. P de. Caracterização da farinha de banana verde. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 2, p. 333-339, 2009.
- CONDE, C. G.; PAJARO, N. P.; MÉNDEZ, G. L. Actividad antioxidante y contenido fenólico del extracto etanólico de *Capsicum annum* L. **Revista Cubana de Farmacia**, v. 52, n. 2, p. e78, 2019.
- COSTA, A. P. F.; PINTO, E. G.; SOARES, D. S. B. Obtenção de farinha do mesocarpo de pequi. **Agrarian**, v. 10, n. 38, p. 349-354, 2017.
- DA SILVEIRA, M. R. S.; PEREIRA, R. C. A.; DA SILVA, L. R.; BEZERRA, M. G. A. Composição físico-química e bioativa dos frutos de *Passiflora tenuifila* Killip (maracujá-alho). **Revista Cubana de Plantas Medicinales**, v. 24, n. 1, 2019.
- FIGUEIREDO, R. A de.; OLIVEIRA, A. A.; ZACHARIAS, M. A.; BARBOSA, S. M.; PEREIRA, F. F.; CAZELA, G. N.; VIANA, J. P.; CAMARGO, R. A de. Reproductive ecology of the exotic tree *Muntingia calabura* L. (Muntingiaceae) in southeastern Brazil. **Revista Árvore**, v. 32, n. 6, p. 993-999, 2008.
- GRANTSAU, R.; PALO JR, H. Guia completo para identificação das aves do Brasil. Vol. 1 e 2, 2018. 624 p.
- KUBOLA, J.; SIRIAMORNUN, S.; MEESO, N. Phytochemicals, vitamin C and sugar content of thai wild fruits. **Food Chemistry**, v. 126, p. 972-981, 2011.

IAL – Instituto Adolfo Lutz. **Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análise de alimentos.** São Paulo: IAL, 2008, Ed. 4, 1ª Ed. digital, 1020 p.

LEÃO, D. P.; FRANCA, A. S.; OLIVEIRA, L. S.; BASTOS, R.; COIMBRA, M. A. Physicochemical characterization, antioxidant capacity, total phenolic and proanthocyanidin content flour prepared from pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) fruit by-products. **Food Chemistry**, v. 225, p. 146-153, 2017.

LIMA, E. S.; SCHWERTZ, M. C.; SOBREIRA, C. R. C.; BORRAS, M. R. L. Efeito hipoglicemiante da farinha do fruto de maracujá-do-mato (*Passiflora nitida* Kunth.) em ratos normais e diabéticos. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 14, n. 2, p. 383-388, 2012.

LIN, J-T.; CHANG, Y-Y.; CHEN, Y-C.; SHEN, B-Y.; YANG, D-J. Molecular mechanisms of ethanolic extract from *Muntingia calabura* Linn. fruit against lipopolysaccharide-induced pro-inflammatory mediators in macrophages. **Food & Function**, v. 8, n. 3, p. 1245-1253, 2017.

LORENZI, H. Árvores exóticas no Brasil: madeireiras, ornamentais e aromáticas. Nova Odessa: Plantarum, 2003. 173 p.

LOPES, J. C.; PEREIRA, M. D.; MARTINS-FILHO, S. Germinação de sementes de calabura (*Muntingia calabura* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 24, n. 1, p. 59-66, 2002.

MAHMOOD, N. D.; NASIR, N. L. M.; ROFIEE, M. S.; TOHID, S. M.; TEH, I. K.; ZAKARIA, Z. A. *Muntingia calabura*: A review of this traditional uses, chemical properties, and pharmacological observations. **Pharmaceutical Biology**, v. 52, p. 1598-1623, 2014.

MELO, E. A.; ANDRADE, R. A. M. S. Compostos bioativos e potencial antioxidante de frutos do umbuzeiro. **Alimentos e Nutrição**, v. 21, n. 3, p. 453-457, 2010.

MENEZES, A. C. P. F.; OLIVEIRA FILHO, J. G.; DEMINSKI, G. O.; JESUS, A. P.; ANDRADE, M. S. B.; CASTRO, C. F. S. Avaliação colorimétrica e caracterização morfológica por microscopia óptica de alta resolução das farinhas dos frutos do jatobá, jambolão e siriguela. **Multi-Science Journal**, v. 1, n. 13, p. 286-293, 2018.

MENEZES, A. C. P. F.; OLIVEIRA FILHO, J. G.; CHRISTOFOLI, M.; CASTRO, C. F. S. Atividade antioxidante, conteúdo de fenólicos totais, carotenoides e provitamina A em extratos vegetais do Cerrado goiano. **Uniciências**, v. 22, n. 1, p. 28-32, 2018.

MENEZES, A. C. P. F.; CASTRO, C. F. S. Prospecção fitoquímica preliminar dos frutos do jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne) e murici-bravo (*Byrsonima coccolobifolia* Kunth.). **Global Science and Technology**, v. 11, n. 3, p. 241-255, 2018.

MICHAJLUK, J.; BAZÁN, D.; MERELES, L.; DEGEN, R.; ALVARENGA, N. Caracterización física, análisis fitoquímico, huella digital cromatográfica, capacidad antioxidante y actividad antimicrobiana de los frutos de *Vitex megapotamica*. **Revista Cubana de Plantas Medicinales**, v. 24, n. 1, 2019.

MORAES, K. N. O.; ALMEIDA, M.C.; PINHEIRO, R. M.; DIAS, M. R. Q. Avaliação biométrica de sementes de *Agonandra brasiliensis* Miersex Benth. & Hook. F. (Opiliaceae). **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**, v. 5, n. 1, p. 170-176, 2018.

NAGATA, M.; YAMASHITA, I. Simple method for simultaneous determinations of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. **Nippon Shokulim Kogyo Gakkaish**, v. 30, n. 10, p. 925-928, 1992.

OKOYE, J. I.; OBI, C. D. Nutrient composition and sensory properties of wheat-African bread fruit composite flour cookies. **Sky Journal of Food Science**, v. 6, n. 3, p. 027-032, 2017.

OLIVEIRA, D. de S.; RODRIGUES, J. C. F.; PERES, D. S.; MESQUISA, A. A.; CAVALCANTE, M. D.; SANTOS, P. A. dos. Avaliação físico-química da farinha da entrecasca de melancia. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v. 12, n. 3, p. 59-64, 2018.

PEREIRA, G. A.; ARRUDA, H. S.; MORAIS, D. R.; EBERLIN, M. N.; PASTORE, G. M. Carbohydrates, volatile and phenolic compounds composition, and antioxidant Activity of calabura (*Muntingia calabura* L.) fruit. **Food Research International**, v. 108, p. 264-273, 2018.

PEREIRA, G. A.; TOMÉ, P. H. F.; ARRUDA, H. S.; FRAGIORGE, E. J.; RIBEIRO, P. R. Caracterização físico-química e atividade antioxidante do fruto calabura (*Muntingia calabura* L.). **Brazilian Journal of Food Research**, v. 7, n. 2, p. 67-79, 2016.

PREETHI, K.; PREMASUDHA, P.; KEERTHANA, K. Anti-inflammatory Activity of *Muntingia calabura* fruits. **Pharmacognosy Journal**, v. 4, n. 30, p. 51-56, 2012.

PREETHI, K.; VIJAYALAKSHMI, N.; SHAMNA, R.; SASIKUMAR, J. M. *In Vitro* antioxidant Activity of extracts from fruits of *Muntingia calabura* Linn. from India. **Pharmacognosy Journal**, v. 2, n. 14, p. 11-18, 2010.

ROCHA, M.S.; FIGUEIREDO, R. W.; ARAÚJO, M. A. M.; MOREIRA-ARAÚJO, R. S. R. Caracterização físico-química e atividade antioxidante (*in vitro*) de frutos do cerrado piauiense. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 4, p. 933-941, 2013.

SILVA, R. A.; RODRIGUES, A. E.; RIBEIRO, M. C. M.; CUSTÓDIO, Â. R.; ANDRADE, N. E. D.; PEREIRA, W. E. Características físico-químicas e atividade antimicrobiana de extratos de própolis da Paraíba, Brasil. **Ciência Rural**, v. 36, n. 6, p. 1842-1848, 2006.

TAŃSKA, M.; ROSZKOWSKA, B.; CZAPLICKI, S.; BOROWSKA, E. J.; BOJARSKA, J.; DABROWSKA, A. Effect of fruit pomace addition on shortbread cookies to improve their physical and nutritional values. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 71, p. 307-313, 2016.

UCHOA, A. M. A.; COSTA, J. M. C.; MAIA, G. A.; SILVA, E. M. C.; CARVALHO, A. F.; F. U.; MEIRA, T. R. Parâmetros físico-químicos, teor de fibra bruta e alimentar de pós alimentícios obtidos de resíduos de frutas tropicais. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 15, n. 2, p. 58-65, 2008.

VALENCIA, G. A.; MORAES, I. C. F.; LOURENÇO, R. V.; BITTANTE, A. M. B.; SOBRAL, P. J. A. Physicochemical, Morphological, and functional properties of flour and starch from peach palm (*Bactris garipaes* K.) fruit. **Starch Biosynthesis Nutrión Biomedical**, v. 67, p. 163-173, 2015.

VIZCAINO, R. L. M.; MENDOZA, D. M.; ALCO CER, M. S. P.; HERNANDEZ, R.; GONZALEZ, A. M.; CONTRERAS, A. M. V. Evaluacion quimica del extracto total etanolico de las hojas y corteza fresca de *Muntingia calabura* (Elaeocarpaceae). **Scientia et Technica**, v. 12, n. 33, p. 455-456, 2007.