

Caracterização físico-química e atividade antioxidante do fruto calabura (*Muntingia calabura* L.)

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi determinar as características físicas e físico-químicas, composição centesimal e atividade antioxidante, compostos fenólicos totais, conteúdo de vitamina C e antocianinas totais de diferentes frações do fruto calabura (casca, polpa e fruto inteiro). Os frutos apresentaram diâmetro e peso médios de 14,50 mm e 1,57 g, respectivamente, e elevado rendimento em polpa (75,38%). O fruto inteiro apresentou: pH (5,64), ATT (0,11 g ácido cítrico/100 g⁻¹), SST (10,24 °Brix), ratio (93,76), umidade (77,36%), cinzas (5,65%), lipídeos (7,79%), proteínas (8,29%), fibra bruta (5,93%), carboidratos (72,15%), vitamina C (3,30 mg 100 g⁻¹), compostos fenólicos (526,55 mg equivalentes de ácido tânico (EAT) 100 g⁻¹), antocianinas (4,08mg equivalentes de cianidina-3-glicosídeo (ECG)100g⁻¹) e DPPH IC₅₀ (82,25 µgmL⁻¹). A casca apresentou elevada atividade antioxidante (82,00 µg mL⁻¹) ocasionado por maiores conteúdos de compostos fenólicos (868,90 mg EAT/100g⁻¹), antocianinas (3,87mg ECG/100g⁻¹) e vitamina C (4,20 mg/100g⁻¹). Em conclusão, a calabura apresentou elevado conteúdo de compostos bioativos com propriedades antioxidantes in vitro.

PALAVRAS-CHAVE: antocianinas, compostos bioativos, compostos fenólicos, composição centesimal, fitoquímicos.

Gustavo Araujo Pereiragap.araujo@outlook.comUniversidade Estadual de Campinas,
Campinas-SP, Brasil**Pedro Henrique Ferreira Tomé**pedrotome@iftm.edu.brInstituto Federal do Triângulo Mineiro,
Uberlândia-MG, Brasil**Henrique Silvano Arruda**hsilvanoarruda@gmail.comUniversidade Estadual de Campinas,
Campinas-SP, Brasil**Edson José Fragiorge**edsonjose@iftm.edu.brInstituto Federal do Triângulo Mineiro,
Uberlândia-MG, Brasil**Paulo Roberto Ribeiro**professorpauloroberto@hotmail.comInstituto Federal do Triângulo Mineiro,
Uberlândia-MG, Brasil

INTRODUÇÃO

A *Muntingia calabura* L. (Elaeocarpaceae) é uma planta originária das Antilhas que foi introduzida no Brasil em 1962 pelo Instituto Agrônomo de Campinas. Adaptou-se rapidamente ao clima do país e atualmente encontra-se espalhada em todo o território brasileiro, sendo conhecida popularmente como calabura, cereja-das-Antilhas ou pau-de-seda (PEIXOTO et al., 1998).

Os frutos de calabura, quando maduros, apresentam sabor doce que lembra o figo, coloração rosa-avermelhada, diâmetro e peso médios de 14,00 mm e 1,75 g, respectivamente. A polpa contém muitas sementes pequenas envolvidas por uma mucilagem pegajosa (LOPES; PEREIRA; MARTINS-FILHO, 2002; GOMATHI; ANUSUYA; MANIAN, 2013).

As folhas, flores e raízes de *M. calabura* L. apresentam diversas propriedades funcionais e farmacológicas devido à presença de compostos biologicamente ativos nestas partes da planta, sendo que muitos destes compostos já foram devidamente identificados e avaliados (RAHMAN; FAKIR; RAHMAN, 2010; KUBOLA; SIRIAMORNUN; MEESO, 2011). No entanto, dados relacionados à composição química, conteúdo de compostos bioativos e aplicação tecnológica dos frutos calabura são raros na literatura especializada ressaltando-se assim a necessidade de pesquisas científicas a respeito de suas características físico-químicas, nutricionais e funcionais que são ferramentas básicas para o incentivo do consumo e a formulação de novos produtos.

Neste contexto, o presente estudo teve por objetivos: (i) obter as características físicas e físico-químicas; (ii) determinar a composição centesimal; (iii) quantificar os compostos bioativos (compostos fenólicos totais, antocianinas e vitamina C); e (iv) avaliar a atividade antioxidante de diferentes frações do fruto calabura (fruto inteiro, casca e polpa).

MATERIAL E MÉTODOS

COLETA E PREPARO DE AMOSTRA

Os frutos de calabura (*Muntingia calabura* L.) em completo estado de maturidade fisiológica foram colhidos manualmente no município de Uberlândia, Minas Gerais/Brasil. As amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Físico-Química da Faculdade de Tecnologia de Alimentos - Instituto Federal do Triângulo Mineiro (FATEC/IFTM). Os frutos maduros e livres de defeitos foram lavados com água corrente para a remoção de sujidades superficiais e desinfetados com solução de cloro (50 mg L^{-1}) por 15 minutos. Em seguida, os frutos foram acondicionados em embalagens de polietileno e armazenados em freezer ($-18,0 \pm 2,0^\circ\text{C}$) até às análises. A polpa e a casca foram separadas manualmente antes das análises.

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E FÍSICO-QUÍMICA

As medidas de diâmetro e peso médios dos frutos foram realizadas com auxílio de paquímetro e balança analítica, respectivamente (LOPES; PEREIRA;

MARTINS-FILHO, 2002). A massa dos frutos inteiros (MF), casca (MC) e polpa (MP) foram obtidas por meio de pesagem individual direta em uma balança analítica. Os rendimentos de polpa e casca foram calculados pela equação $(MP \text{ ou } MC/MF) \times 100$ e os resultados expressos em porcentagem (g de polpa ou casca por 100 g de frutos).

O teor de sólidos solúveis totais (SST; método n° 932.12), acidez titulável total (ATT; método n° 942.15) e pH (método n° 970.21) foram determinados conforme os métodos descritos pela AOAC (*Association of Official Analytical Chemists*) (HORWITZ; LATIMER, 2012). Os resultados de ATT foram expressos em g de ácido cítrico (AC) por 100 g de amostra fresca ($\text{g AC } 100 \text{ g}^{-1}$).

DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO CENTESIMAL

As amostras foram secas em estufa de ventilação forçada a 60°C por 72 horas, moídas em moinho de martelo para a obtenção de um pó, acondicionadas em frascos de vidro âmbar e armazenadas em temperatura ambiente ($30,0 \pm 5,0^\circ\text{C}$) até a etapa das análises. Os teores de umidade (método n° 931.04), cinzas (método n° 940.26), lipídeos (método n° 983.23), proteínas (método n° 920.152) e fibra bruta (método n° 930.10) foram determinados de acordo com as metodologias descritas pela AOAC (HORWITZ; LATIMER, 2012). O conteúdo de carboidratos foi obtido por diferença usando a equação 1:

$$\text{Carboidratos} = [100 - (\% \text{umidade} + \% \text{cinzas} + \% \text{lipídeos} + \% \text{proteínas} + \% \text{fibra bruta})] \quad (1)$$

O valor energético total foi estimado considerando os fatores de conversão de 4 kcal g^{-1} para proteína ou carboidrato e 9 kcal g^{-1} para lipídeos (CARDOSO et al., 2013).

DETERMINAÇÃO DOS COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS

A extração dos compostos fenólicos foi realizada pela mistura das amostras frescas com água destilada (1:10; p/v) em banho-maria a 65 °C durante 15 minutos. Subsequentemente, as amostras foram filtradas em filtro Whatman n° 1 e os permeados utilizados para análise. O conteúdo de compostos fenólicos totais foi determinado espectrofotometricamente (HACH, modelo DR2800) pelo método de *Folin-Denis* como descrito por Swaine Hillis (1959), com algumas modificações (ARAÚJO et al., 2013). Em tubos de ensaio contendo 7,5 mL de água destilada foram adicionados 1000 μL dos extratos previamente diluídos, 500 μL do reagente *Folin-Denis* e 1000 μL de solução de carbonato de sódio 7% (p/v). As misturas foram mantidas em banho-maria a 40 °C por 20 minutos, em seguida os tubos foram rapidamente resfriados em banho de gelo e a absorbância foi medida a 760 nm. Água destilada foi utilizada para o preparo das soluções padrões e para diluir os extratos. Ácido tânico foi utilizado como padrão espectrofotométrico (Faixa Linear: 10-70 $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$; $y = 0,0050x + 0,0394$; $R^2 = 0,9997$) e o resultado final foi expresso como mg de equivalentes de ácido tânico (EAT) por 100 g de amostra fresca ($\text{mg EAT } 100 \text{ g}^{-1}$).

DETERMINAÇÃO DO CONTEÚDO DE ANTOCIANINAS TOTAIS

A extração foi realizada utilizando uma solução de metanol:ácido clorídrico (99,9:0,1; v/v). As amostras frescas foram misturadas com a solução extratora (1:9; p/v) e mantidas à temperatura ambiente e ao abrigo da luz por 30 minutos. Os homogenatos foram centrifugados a 4000 rpm por 15 minutos a 5°C e os sobrenadantes foram utilizados para análise. A determinação do conteúdo de antocianinas foi realizada conforme o método descrito por Wolfe, Wu e Liu (2003). Resumidamente, foram adicionados em tubos de ensaio 1500 µL dos extratos previamente diluídos e 2500 µL de tampão cloreto de potássio 0,025 mol L⁻¹ (pH 1,0) ou tampão acetato de sódio 0,4 mol L⁻¹ (pH 4,5). As misturas foram homogeneizadas e mantidas por 30 minutos ao abrigo de luz, em seguida a absorbância foi medida a 510 nm e 710 nm (HACH, modelo DR2800). O conteúdo de antocianinas foi calculado de acordo com a Equação 2 e o resultado foi expresso em mg de equivalentes de cianidina-3-glicosídeo (ECG) por 100 g de amostra fresca (mg ECG 100 g⁻¹).

$$\text{Antocianinas} = \frac{\text{Abs}_f \times \text{PM} \times 10^5}{(\epsilon \times C)} \quad (2)$$

onde: Abs_f é a absorbância final (Abs_f = (Abs₅₁₀ - Abs₇₁₀)_{pH 1,0} - (Abs₅₁₀ - Abs₇₁₀)_{pH 4,5}); PM é o peso molecular da cianidina-3-glicosídeo (449,2 g mol⁻¹); ε é absorvidade molar da cianidina-3-glicosídeo (ε = 26900 L mol⁻¹cm⁻¹); C é a concentração da amostra no meio reacional (g L⁻¹); 10⁵ é o fator de conversão para que o resultado seja expresso em mg 100 g⁻¹ (10³ para a conversão de g para mg e 10² para a conversão de mg g⁻¹ para mg 100 g⁻¹).

DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE SEQUESTRAR O RADICAL 2,2-DIFENIL-1-PICRILHIDRAZIL (DPPH[•])

Para a obtenção dos extratos foi conduzida uma extração sequencial (RUFINO et al., 2007) utilizando dois diferentes solventes: (A) metanol 50% (v/v) e (B) acetona 70% (v/v). As amostras frescas foram homogeneizadas com o extrator A (3:10; p/v) e mantidas à temperatura ambiente e ao abrigo da luz. Após 60 minutos as misturas foram centrifugadas a 4000 rpm por 15 minutos a 5°C. Os resíduos da primeira extração foram re-extraídos como solvente B conforme descrito acima. Os sobrenadantes das extrações foram combinados e utilizados para a determinação da atividade antioxidante por meio do sequestro do radical DPPH[•]. O ensaio DPPH foi realizado de acordo com Roesler et al. (2007), com algumas adaptações. Em tubos de ensaio foram colocados 100 µL dos extratos previamente diluídos e 3900 µL da solução de DPPH (60 µM). Os tubos contendo as misturas foram incubados por 30 minutos na ausência de luz até o momento da leitura. A absorbância do DPPH remanescente foi determinada espectrofotometricamente a 515 nm (HACH, modelo DR2800) contra uma amostra controle. A amostra controle representa a reação realizada na ausência de compostos antioxidantes, ou seja, em tubos de ensaio foram colocados 100 µL de metanol e 3900 µL da solução de DPPH (60 µM). A capacidade de sequestrar radicais livres foi calculada de acordo com a Equação 3 e o resultado de atividade antioxidante foi expresso em IC₅₀. O valor de IC₅₀ foi determinado por regressão linear (50-150 µg mL⁻¹ para fruto inteiro e casca e 150-350 µg mL⁻¹ para a polpa) e

corresponde à concentração final do extrato de amostra em $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ requerida para decrescer ou inibir 50% da concentração inicial do radical DPPH*.

$$\% \text{ Inibição} = \frac{(\text{Abs}_{\text{DPPH}} - \text{Abs}_{\text{Amostra}})}{\text{Abs}_{\text{DPPH}}} \times 100 \quad (3)$$

onde: Abs_{DPPH} é a absorvância da amostra controle e $\text{Abs}_{\text{Amostra}}$ é a absorvância da amostra.

DETERMINAÇÃO DO CONTEÚDO DE VITAMINA C

O conteúdo de vitamina C foi determinado pelo método titulométrico de *Tillmans* como descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). Resumidamente, 10 g das amostras frescas foram previamente homogeneizadas com 100 mL de solução ácida (ácido metafosfórico:ácido acético, 3:8; p/v). As misturas foram filtradas em filtro Whatman nº 1 e os permeados utilizados para titulação com a solução de *Tillmans* (2,6-diclorofenolindofenol 0,02%). O conteúdo de vitamina C foi calculado conforme a Equação 4 e o resultado expresso em mg de ácido ascórbico por 100 g de amostra fresca ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$).

$$\text{Vitamina C} = \frac{V \times F}{A} \times 100 \quad (4)$$

onde: V é o volume da solução de *Tillmans* gasto na titulação (mL); F é o fator da solução de *Tillmans* (F = massa de ácido ascórbico utilizada na padronização (mg) por volume de solução de *Tillmans* gasto na titulação da padronização (mL)); A é o volume da amostra utilizada (mL).

ANÁLISE DOS DADOS

Os resultados foram analisados estatisticamente por meio de Análise de Variância *one-way* (ANOVA). Quando constatada diferença estatística pelo teste F ($p < 0,05$) os tratamentos foram comparados pelo teste de *Tukey HSD* ($p < 0,05$). Todas as análises estatísticas foram realizadas com auxílio do software *STATISTICA 8.0* (StatSoft, USA). Os resultados estão apresentados como média \pm desvio padrão da triplicata de cada procedimento analítico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E FÍSICO-QUÍMICA

A calabura quando madura apresentou diâmetro e peso médios de $14,50 \pm 0,15$ mm e $1,57 \pm 0,64$ g, respectivamente (Tabela 1). Os valores encontrados foram semelhantes aos reportados por Lopes, Pereira e Martins-Filho (2002) e Rahman, Fakir e Rahman (2010). A calabura é um fruto globuloso constituído basicamente de uma casca fina que protege um grande número de sementes envolvidas por uma mucilagem pegajosa. Os frutos analisados apresentaram elevado rendimento em polpa ($75,38 \pm 6,40\%$, sementes e mucilagem), o que representa um parâmetro importante no processamento de frutas. Uma

alternativa interessante para o melhor aproveitamento é o uso integral do fruto calabura (polpa mais casca) no desenvolvimento de geleias e fermentados de frutas, como é feito, por exemplo, com a jabuticaba (DESSIMONI-PINTO et al., 2011).

Tabela 1 - Valores médios das características físicas, físico-químicas e composição centesimal do fruto inteiro, polpa e casca da calabura.

Parâmetros	Fruto inteiro	Polpa	Casca
Diâmetro (mm)	14,50±0,15	–	–
Peso (g)	1,57±0,64	–	–
Rendimento (%)	–	75,38±6,40	24,80±6,42
pH	5,64±0,01 ^a	5,89±0,01 ^a	5,44±0,02 ^a
ATT (g AC 100 g ⁻¹)	0,11±0,01 ^b	0,12±0,01 ^b	0,34±0,01 ^a
SST (°Brix)	10,24±0,48 ^b	12,96±1,45 ^a	9,40±0,01 ^c
SST/ATT (<i>Ratio</i>)	93,76±0,67 ^b	105,34±13,63 ^a	27,58±0,36 ^c

Médias acompanhadas de letras iguais, na mesma linha, não diferem significativamente entre si pelo teste de *Tukey* ($p < 0,05$). ATT: Acidez titulável total. AC: Ácido cítrico. SST: Sólidos solúveis totais.

A calabura é uma fruta pouco ácida (pH 5,64), na qual não foi constatada diferença estatística do pH entre as frações analisadas (polpa e casca) e o fruto inteiro ($p < 0,05$) (Tabela 1). A acidez titulável total (ATT) da casca de calabura (0,34 g AC 100 g⁻¹) foi significativamente superior aos valores encontrados na polpa (0,12 g AC 100 g⁻¹) e no fruto inteiro (0,11g AC 100 g⁻¹). Como esperado, o teor de sólidos solúveis totais (SST) na polpa do fruto (12,96 °Brix) foi maior que na casca (9,40 °Brix). O teor de SST para o fruto inteiro (10,24 °Brix) encontrado no presente estudo foi similar ao anteriormente reportado por Rahman, Fakir e Rahman (2010), que observaram um valor de aproximadamente 9,80 °Brix.

O índice de maturidade (SST/ATT) ou *ratio* determina o balanço do sabor doce:ácido, sendo assim uma das formas de avaliação do sabor de frutas, uma vez que a aceitação de um fruto depende da preferência do consumidor por frutas mais ácidas (menor *ratio*) ou com maior doçura (maior *ratio*) (BERILLI et al., 2011). A calabura é uma fruta doce com *ratio* de 105,34 e 97,36 para a polpa e fruto inteiro (Tabela 1), respectivamente. Os resultados da relação STT/ATT encontrados para a calabura foram maiores do que os reportados para o abacaxi (19,12-28,46) (BERILLI et al., 2011), a acerola (4,22-7,45) e a goiaba (18,87-25,52), enquanto a manga cultivar Palmer (98,54) (BATISTA et al., 2015) e o mamão (141,11-205,95) (REIS et al., 2015) apresentam *ratio* maior do que a calabura.

COMPOSIÇÃO CENTESIMAL

A polpa apresentou os maiores teores de umidade (83,23%) e carboidratos (77,75%) e os menores conteúdos de cinzas (4,52%) e fibra bruta (3,08%), enquanto que a casca apresentou os menores conteúdos de lipídeos (2,67%) e proteínas (6,95%) (Tabela 2). Os resultados de composição centesimal encontrados para o fruto inteiro corroboram com os reportados por Rahman, Fakir e Rahman (2010).

Tabela 2 - Valores médios das características físicas, físico-químicas e composição centesimal do fruto inteiro, polpa e casca da calabura.

Parâmetros	Fruto inteiro	Polpa	Casca
Umidade (%)	77,36±2,23 ^b	83,23±0,85 ^a	79,65±0,21 ^b
Cinzas (%)	5,65±0,15 ^b (1,28±0,16)	4,52±0,15 ^c (0,95±0,13)	9,09±0,31 ^a (1,85±0,07)
Lipídeos (%)	7,79±0,71 ^a (2,34±0,30)	7,11±0,49 ^a (1,91±0,26)	2,67±0,37 ^b (0,75±0,04)
Proteínas (%)	8,29±0,44 ^a (2,64±0,18)	7,54±0,42 ^{ab} (1,69±0,13)	6,95±0,29 ^b (1,76±0,06)
Fibra Bruta (%)	5,93±1,01 ^a (1,75±0,30)	3,08±0,16 ^b (0,66±0,04)	6,57±0,13 ^a (1,62±0,02)
Carboidratos (%)	72,15±1,77 ^b (14,64±2,40)	77,75±1,07 ^a (11,57±1,20)	74,71±0,42 ^{ab} (14,37±0,17)
Valor energético total (kcal 100 g ⁻¹)	90,15±7,88 ^a	70,23±2,79 ^b	71,28±0,82 ^b

Médias acompanhadas de letras iguais, na mesma linha, não diferem significativamente entre si pelo teste de *Tukey* ($p < 0,05$). Valores entre parênteses são referentes aos resultados expressos em matéria fresca. Valores energéticos totais expressos em matéria fresca.

A banana é um fruto tropical mundialmente consumido e considerado como fonte de nutrientes. A polpa de banana apresenta a seguinte composição centesimal: 73,80% de umidade, 23,80% de carboidratos, 1,90% de fibras, 1,40% de proteínas, 0,80% de sais minerais e 0,10% de lipídeos (TACO, 2011). Comparando-se a composição centesimal da calabura *in natura* (Tabela 2) com a da polpa de banana é possível observar que a calabura possui notável teor de proteínas, lipídeos, fibra bruta e cinzas, além de carboidratos, o que caracteriza o fruto como uma boa fonte energética. Em 100 g de calabura foi observado um valor energético (90,15 kcal) semelhante ao da banana (92 kcal) (TACO, 2011). A calabura pode contribuir para a ingestão de nutrientes básicos e importantes para o bom funcionamento do corpo humano.

COMPOSTOS FUNCIONAIS

O conteúdo de vitamina C encontrado no fruto inteiro (3,30 mg 100 g⁻¹) foi significativamente superior ao observado na polpa (2,40 mg 100 g⁻¹) e inferior ao valor determinado na casca (4,20 mg 100 g⁻¹) ($p < 0,05$) (Tabela 3). Kubola, Siriamornpun e Meeso (2011) reportaram valor de vitamina C para a polpa de calabura fresca de 5,00 mg 100 g⁻¹. Esses valores podem ser considerados muito

baixos quando comparados com os teores de vitamina C da acerola (1357,00 mg 100 g⁻¹) e do camu-camu (1882,00 mg 100 g⁻¹) (RUFINO et al., 2010).

Tabela 3 - Valores médios de vitamina C, compostos fenólicos totais, antocianinas e atividade antioxidante do fruto inteiro, polpa e casca da calabura.

Análises	Fruto inteiro	Polpa	Casca
Vitamina C (mg 100 g ⁻¹)	3,30±0,76 ^b	2,40±0,28 ^c	4,20±0,76 ^a
Fenólicos (mg EAT 100 g ⁻¹)	526,55±0,75 ^b	319,74±0,46 ^c	868,90±0,57 ^a
Antocianinas (mg ECG 100 g ⁻¹)	4,08±0,34 ^a	0,45±0,01 ^b	3,87±0,12 ^a
DPPH IC ₅₀ (µg mL ⁻¹)	82,25±0,05 ^a	226,50±0,07 ^c	82,00±0,03 ^a

Médias acompanhadas de letras iguais, na mesma linha, não diferem significativamente entre si pelo teste de *Tukey* (p<0,05). Valores expressos em matéria fresca. EAT: Equivalentes de ácido tânico. ECG: Equivalentes de cianidina-3-glicosídeo. DPPH IC₅₀: Concentração final do extrato em µg mL⁻¹ requerida para decrescer ou inibir 50% da concentração inicial do radical DPPH*.

O fruto calabura inteiro apresentou conteúdo de fenólicos totais (526,55 mg EAT 100 g⁻¹) significativamente maior que a polpa (319,74 mg EAT 100 g⁻¹), no entanto menor que a casca (868,90 mg EAT 100 g⁻¹) (p<0,05) (Tabela 3). Segundo Vasco, Ruales e Kamal-Eldin (2008) as frutas podem ser classificadas em três categorias em função do conteúdo de compostos fenólicos totais: baixo (<100 mg 100 g⁻¹), médio (100-500 mg 100 g⁻¹) e alto (>500 mg 100 g⁻¹) para resultados expressos em matéria fresca. Portanto, de acordo com essa classificação, a calabura se encaixa na categoria de alto conteúdo de fenólicos totais.

Estudos preliminares também relataram o elevado conteúdo de compostos fenólicos da calabura. Frutos cultivados na Índia apresentaram teores de compostos fenólicos entre 358,00 e 1486,00 mg 100g⁻¹ de fruto fresco (PREETHI et al., 2010), enquanto que para a polpa foram observados valores de 133,40 a 387,20 mg 100 g⁻¹ (KOLAR; KAMBLE; DIXIT, 2011). A variação do conteúdo de compostos fenólicos no fruto de calabura ocorre devido à diversos fatores agrícolas de cultivo, manejo e clima. Além disso, a técnica de extração, o solvente empregado e a metodologia analítica influenciam no resultado final da análise (PREETHI et al., 2010; KOLAR; KAMBLE; DIXIT, 2011).

O conteúdo de compostos fenólicos totais do fruto inteiro de calabura (526,55 mg 100 g⁻¹) foi maior do que frutos brasileiros não-tradicionais, tais como o açaí (454,00 mg 100 g⁻¹), a jabuticaba (440,00 mg 100 g⁻¹), o jambolão (185,00 mg 100 g⁻¹) e o caju (118,00 mg 100 g⁻¹), enquanto foi menor quando comparado aos frutos camu-camu (1176,00 mg 100 g⁻¹) e acerola (1063,00 mg 100 g⁻¹) (RUFINO et al., 2010).

O conteúdo de antocianinas na polpa do fruto (0,45 mg ECG 100 g⁻¹) foi menor que os valores encontrados no fruto inteiro (4,08 mg ECG 100 g⁻¹) e na casca (3,87 mg ECG 100 g⁻¹) (p<0,05) (Tabela 3). Na calabura, assim como é o caso da ameixa e da uva, as antocianinas estão localizadas principalmente na casca, enquanto que, em outros frutos como o morango, a groselha e a framboesa estes compostos encontram-se distribuídos em todo o fruto (LIMA; MÉLO; LIMA, 2002). Preethi, Sasikumar e Chandramohan (2011) encontraram conteúdo de

antocianinas no fruto de calabura inteiro menor ($0,3 \text{ mg ECG } 100 \text{ g}^{-1}$) que o reportado no presente estudo. Além disso, o fruto calabura apresentou conteúdo de antocianinas maior que o mamão ($0,69 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), o abacaxi ($0,32 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), a graviola ($0,19 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) e a jaca ($0,46 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) (ALMEIDA et al., 2011), no entanto, o teor de antocianinas foi menor quando comparado com a jabuticaba ($58 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), o jambolão ($93 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) e o açaí ($111 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$) (RUFINO et al., 2010). A coloração rosa-avermelhada da casca da calabura madura pode estar relacionada principalmente à presença de antocianinas nessa fração do fruto.

ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

A atividade antioxidante dos extratos foi avaliada pelo ensaio de DPPH e os resultados expressos em IC_{50} (Tabela 3). O valor de IC_{50} é definido como a concentração final em $\mu\text{g mL}^{-1}$ do extrato requerido para decrescer a concentração inicial de DPPH em 50%. Os menores valores de IC_{50} indicam elevada atividade antioxidante porque foi necessário uma menor quantidade da amostra para inibir o radical DPPH (ROESLER et al., 2007). O IC_{50} do extrato da polpa do fruto ($226,50 \mu\text{g mL}^{-1}$) foi maior que os valores determinados nos extratos do fruto inteiro ($82,25 \mu\text{g mL}^{-1}$) e da casca ($82,00 \mu\text{g mL}^{-1}$) ($p < 0,05$). Extratos de calabura obtidos com solventes de diferentes polaridades apresentaram IC_{50} variando de $90,00$ a $350,12 \mu\text{g mL}^{-1}$ (PREETHI et al., 2010).

A atividade antioxidante do fruto calabura pode estar relacionada, principalmente, ao conteúdo de compostos fenólicos, antocianinas e vitamina C presentes na casca do fruto (Tabela 3). O IC_{50} do fruto calabura ($82,25 \mu\text{g mL}^{-1}$) foi menor que dos frutos caju ($154,95$ - $259,80 \mu\text{g mL}^{-1}$) e tamarindo ($1431,47$ - $2193,70 \mu\text{g mL}^{-1}$), enquanto foi maior que dos frutos acerola ($1,74$ - $24,42 \mu\text{g mL}^{-1}$) e goiaba ($19,69 \mu\text{g mL}^{-1}$) (VIEIRA et al., 2011).

A calabura pode ser considerada uma fonte de compostos fenólicos com elevada atividade antioxidante *in vitro*. O uso do fruto inteiro durante o processamento pode conferir ao produto final coloração mais atrativa e elevado conteúdo de compostos antioxidantes, devido à presença de compostos fenólicos e antocianinas em maior quantidade na casca do que na polpa do fruto.

CONCLUSÃO

A calabura é um fruto pouco explorado que apresenta potencial para ser utilizado no processamento de alimentos devido, principalmente, às suas propriedades físicas, físico-químicas e composição centesimal. O fruto pode contribuir para a ingestão de nutrientes básicos e importantes para o bom funcionamento do corpo humano, além disso, apresenta elevado conteúdo de compostos bioativos com propriedades funcionais, tais como os compostos fenólicos. A casca do fruto demonstrou os maiores conteúdos de compostos fenólicos, antocianinas e também elevada atividade antioxidante, enquanto a polpa apresentou elevado teor de carboidratos, lipídeos e proteínas. O uso do fruto inteiro pode contribuir para a ingestão de nutrientes importantes para o metabolismo do corpo humano, bem como de compostos com propriedades funcionais.

Physicochemical characterization and antioxidant activity of Calabura fruit (*Muntingia calabura* L.)

ABSTRACT

The objective of this work was to determine the physical and physicochemical characteristics, proximate composition, antioxidant activity, total phenolic compounds, vitamin C content and total anthocyanins of different fractions of the calabura fruits (peel, pulp and whole fruit). The fruits showed average diameter and weight of 14.50 mm and 1.57 g, respectively, and high yield in pulp (75.38%). The whole fruit showed: pH (5.64), titratable acidity (0.11 g citric acid 100 g⁻¹), soluble solids (10.24 °Brix), ratio (93.76), moisture (77.36%), ash (5.65%), lipids (7.79%), proteins (8.29%), crude fiber (5.93%), carbohydrates (72.15%), vitamin C (3.30 mg 100 g⁻¹), phenolic compounds (526.55 mg tannic acid equivalents (TAE) 100 g⁻¹), anthocyanins (4.08 mg cyanidin-3-glucoside equivalents (CGE) 100 g⁻¹) and DPPH IC₅₀ (82.25 µg mL⁻¹). The peel showed high antioxidant activity (82.00 µg mL⁻¹) due to the highest contents of phenolic compounds (868.90 mg TAE 100 g⁻¹), anthocyanins (3.87 mg CGE 100 g⁻¹) and vitamin C (4.20 mg 100 g⁻¹). In conclusion, the calabura fruit showed high content of bioactive compounds with antioxidant properties *in vitro*.

KEYWORDS: anthocyanins, bioactive compounds, phenolic compounds, phytochemicals, proximate composition.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Federal do Triângulo Mineiro – *Campus Uberlândia* pelo suporte técnico e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro. O autor Gustavo Araujo Pereira agradece aos professores Pedro H. Ferreira Tomé, Edson José Fragiorge e Paulo Roberto Ribeiro e ao Mestre Henrique Silvano Arruda pela inestimável contribuição na execução e escrita deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M.M.B.; SOUSA, P.H.M. de; ARRIAGA, A.M.C.; PRADO, G.M. do; MAGALHÃES, C.E. de C.; MAIA, G.A.; LEMOS, T.L.G. de. Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 2155-2159, 2011.

ARAÚJO, C.R.R.; SILVA, T. de M.; LOPES, M.; VILLELA, P.; ALCÂNTARA, A.F. de C.; DESSIMONI-PINTO, N.A.V. Total antioxidant capacity, total phenolic content and mineral elements in the fruit peel of *Myrciaria cauliflora*. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 16, n. 4, p. 301-309, 2013.

BATISTA, P.F.; LIMA, M.A.C. de; TRINDADE, D.C.G. da; ALVES, R.E. Quality of different tropical fruit cultivars produced in the Lower Basin of the São Francisco Valley. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 1, p. 176-184, 2015.

BERILLI, S. da S.; ALMEIDA, S.B.; CARVALHO, A.J.C. de; JESUS FREITAS, S. de; BERILLI, A.P.C.G.; SANTOS, P.C. dos. Avaliação sensorial dos frutos de cultivares de abacaxi para consumo *in natura*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 1, p. 592-598, 2011.

CARDOSO, L. de M.; OLIVEIRA, D. da S.; BEDETTI, S. de F.; MARTINO, H.S.D.; PINHEIRO-SANT'ANA, H.M. Araticum (*Annona crassiflora* Mart.) from the Brazilian Cerrado: chemical composition and bioactive compounds. **Fruits**, v. 68, n. 2, p. 121-134, 2013.

DESSIMONI-PINTO, N.A.V.; MOREIRA, W.A.; CARDOSO, L. de M.; PANTOJA, L.A. Jaboticaba peel for jelly preparation: an alternative technology. **Food Science and Technology**, v. 31, n. 4, p. 864-869, 2011.

GOMATHI, R.; ANUSUYA, N.; MANIAN, S. A dietary antioxidant supplementation of Jamaican cherries (*Muntingia calabura* L.) attenuates inflammatory related disorders. **Food Science and Biotechnology**, v. 22, n. 3, p. 787-794, 2013.

HORWITZ, W.; LATIMER, G. W. (Eds.). **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 19 ed. Maryland: AOAC International, 2012.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

KOLAR, F.R.; KAMBLE, V.S.; DIXIT, G.B. Phytochemical constituents and antioxidant potential of some underused fruits. **African Journal of Pharmacy and Pharmacology**, v. 5, n. 18, p. 2067-2072, 2011.

KUBOLA, J.; SIRIAMORNUN, S.; MEESO, N. Phytochemicals, vitamin C and sugar content of Thai wild fruits. **Food Chemistry**, v. 126, n. 3, p. 972-981, 2011.

LIMA, V.L.A.G. de; MÉLO, E. de A.; LIMA, D.E. da S. Fenólicos e carotenóides totais em pitanga. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 3, p. 447-450, 2002.

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.

PEIXOTO, A.M.; TOLEDO, F.F. de; REICHARDT, K.; SOUSA, J.S.I. de. **Enciclopédia Agrícola Brasileira**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1998. V1.

PREETHI, K.; SASIKUMAR, J.M.; CHANDRAMOHAN. Phytochemical studies on *Muntingia calabura* L. fruits from Tamil Nadu, India. **International Journal of Biotechnology & Biochemistry**, v. 7, n. 3, p. 311-320, 2011.

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.

RAHMAN, M.M.; FAKIR, M.S.A.; RAHMAN, M.M. Fruit growth of China cherry (*Muntingia calabura*). **Botany Research International**, v. 3, n. 2, p. 56-60, 2010.

REIS, R.C.; VIANA, E. de S.; JESUS, J.L. de; DANTAS, J.L.L.; LUCENA, R.S. Caracterização físico-química de frutos de novos híbridos e linhagens de mamoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 3, p. 210-217, 2015.

ROESLER, R.; CATHARINO, R.R.; MALTA, L.G.; EBERLIN, M.N.; PASTORE, G. Antioxidant activity of *Annona crassiflora*: Characterization of major components by electrospray ionization mass spectrometry. **Food Chemistry**, v. 104, n. 3, p. 1048-1054, 2007.

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

RUFINO, M. do S.M.; ALVES, R.E.; BRITO, E.S. de; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, v. 121, n. 4, p. 996-1002, 2010.

SWAIN, T.; HILLIS, W.E. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I.—The quantitative analysis of phenolic constituents. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 10, n. 1, p. 63-68, 1959.

TACO. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. 4. ed. Campinas: NEPA-UNICAMP, 2011. 161p.

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.

VIEIRA, L.M.; SOUSA, M.S.B.; MANCINI-FILHO, J.; LIMA, A. de. Fenólicos totais e capacidade antioxidante *in vitro* de polpas de frutos tropicais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 3, p. 888-897, 2011.

WOLFE, K.; WU, X.; LIU, R.H. Antioxidant activity of apple peels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 3, p. 609-614, 2003.

Recebido: 14 nov. 2015.

Aprovado: 05 jan. 2016.

DOI: 10.14685/rebrapa.v7i2.3526

Como citar:

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**, Campo Mourão, v. 7, n. 2, p. 67-79, mai./ago. 2016. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rebrapa>

Correspondência:

Gustavo Araujo Pereira

Departamento de Ciências de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas, Rua Monteiro Lobato, 80, Cidade Universitária Zeferino Vaz, CEP 13083-862 - Caixa-postal: 6121, Campinas, SP – Brasil.

Direito autorial: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

