



Capítulo 11
DOI: 10.53934/agronfy-2025-01-11

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO- QUÍMICA E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DA POLPA DE JENIPAPO (*Genipa Americana L.*) PARA OBTENÇÃO DE NOVOS ALIMENTOS FUNCIONAIS E NUTRACÊUTICOS

Amélia Carolina Glória Panhu da Silva¹ ; Jefferson Adan Cavalcante Lopes¹ 
; Maira Sophia Ribeiro De Araujo¹ ; Fabiano Moreira Dutra¹ ; Kianna
Vitoria Dos Santos Ferreira¹ ; Lindalva Maria de Meneses Costa Ferreira² 
Rayanne Rocha Pereira¹ *

¹Instituto de Saúde Coletiva, Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém,
68035-110, Brasil

² Instituto de Ciências da Saúde, Faculdade de Farmácia, Universidade Federal do
Pará, Belém 66075-110, PA, Brasil

*Autor correspondente (Corresponding author) – Email:
rayanne.pereira@ufopa.edu.br

Resumo: O jenipapo é um fruto nativo da Amazônia, onde é usado na alimentação e tem alto valor cultural. Este trabalho teve o objetivo de caracterizar a polpa de jenipapo quanto aos seus parâmetros físicos, físico-químico, composição química e atividade antioxidante. Foram estudados frutos em dois estágios de maturação (verde e maduro). Os frutos maduros pesavam 166,32g, sendo 50,10g das sementes, 35,91g de casca e 75,26g de polpa. Enquanto o fruto verde apresentou peso médio de 189,63g, sendo 58,75g de sementes, 44,14 de casca e 82,84 de polpa. O teor de umidade foi de 83,33% na polpa do fruto maduro e 79,73% na polpa do fruto verde, enquanto que o teor de cinzas (g/100g) foi de 0,05g e 0,03g para os frutos maduro e verdes, respectivamente. Os frutos verdes apresentaram maior conteúdo de flavonoides (150,97 mg Eq Rut. g/polpa) e polifenóis (300,69 mg Eq AG. g/polpa) do que os frutos maduros (flavonoides- 110,63 mg Eq Rut. g/polpa e polifenóis- 180,30 mg Eq AG. g/polpa). Ao mesmo tempo que a atividade antioxidante foi maior nos frutos maduros, para as três metodologias testadas, FRAP, DPPH e ABTS. Os resultados desse trabalho permitiram verificar o potencial que o jenipapo, nos dois estágios de maturação analisados, tem para produção de alimentos funcionais e nutraceuticos.

Palavras-chave: Jenipapo, flavonoides, DPPH, ABTS, FRAP

INTRODUÇÃO

O Jenipapo (*Genipa americana L.*) é nativo do Norte da América do Sul, mas é encontrado desde o México até o Norte da Argentina. No Brasil, está distribuído em todos os biomas, com exceção dos pampas, é presente na Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica, Caatinga e Pantanal. A árvore do jenipapo é conhecida como jenipapeiro,

uma Rubiaceae de ocorrência em áreas de vegetação secundária de várzeas situadas em locais inundados(1).

O jenipapo é uma fruta tradicional em várias comunidades indígenas onde é utilizado em pinturas corporais. É uma fruta importante não somente por seus benefícios biológicos ou nutricionais, mas também por sua carga cultural (2). Em muitas áreas é considerado uma fruta exótica, sendo conhecido e consumido, predominantemente, onde é originário. O jenipapo é consumido *in natura*, como licor ou na forma de suco e geleias. A polpa de jenipapo contém, em média 1,60% de lipídios, 0,67% de proteínas, 20% de carboidratos, 2,20% de sais minerais e cerca de 9% de fibras(3,4). Além de seu valor nutricional, é utilizado na medicina popular como catártico, antidiarreico, antigonorréico, antiulceroso, analgésico e em casos de anemia, icterícia, asma, hidropsia, problemas de fígado e baço (5).

Ademais, na literatura científica há vários estudos sobre as propriedades biológicas desse fruto. Estudos *in vitro* mostraram sua atividade antiglicante (6), anticancerígeno, hipoglicemiante(7) e antioxidante(3). A ampliação dos estudos sobre o jenipapo é importante para expandir suas possibilidades de uso e ajudar na catalogação de suas características físico-químicas, uma vez que o jenipapeiro é encontrado em várias localidades, de clima e vegetação diferentes é importante a caracterização das propriedades biológicas e físico-química do jenipapo de diferentes procedências.

A Caracterização Físico-químico (pH, sólidos solúveis, umidade e cinzas), bem como de compostos com interesse funcional e atividade antirradical livre para polpas das espécies frutíferas amazônicas, é importante para a valorização desses frutos. Os radicais livres são espécies instáveis que são formadas a partir de processos metabólicos celulares. Esses radicais livres podem ser prejudiciais à célula quando seus níveis excedem os do sistema antioxidante celular, em um processo conhecido como estresse oxidativo. Frutas e vegetais são conhecidos por apresentarem altos níveis de antioxidantes, entre eles estão os carotenoides, flavonoides, polifenóis e vitaminas, a presença dessas substâncias nas frutas é responsável pelas vantagens biológicas relacionadas ao seu consumo, tais como neuroproteção, atividade antiinflamatória, anticancerígena, entre outras(8–10).

A quantificação de polifenóis e flavonoides na polpa do jenipapo, tal como a determinação da atividade antioxidante é interessante não somente por seus benefícios biológicos, mas também pela vantagem tecnológicas que esses compostos cedem aos alimentos que constituem. Antioxidantes naturais protegem os alimentos contra oxidações, aumentando seu tempo de prateleira, e contribuem para a diminuição do uso de substâncias sintéticas de mesmo propósito(11,12). O objetivo deste trabalho foi analisar as características físicas e físico-química dos frutos de jenipapo verde e maduro, assim como determinar o conteúdo de polifenóis, flavonoides e a capacidade antioxidantes do jenipapo, afim de avaliar o potencial desse fruto ser usado como insumo alimentar no desenvolvimento de alimentos funcionais e nutracêuticos.

MATERIAL E MÉTODOS

Materiais

Carbonato de sódio e cloreto de alumínio, persulfato de potássio, cloreto férrico hexahidratado, sulfato ferroso heptahidratado, 2,4,6-tris(2-piridil)-s-triazina (TPTZ)

foram adquiridos na LabSynth (São Paulo, Brasil). O ácido gálico, rutina, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), 2,2-azinobis (3-ethylbenzothiazoline-6) sulfonic acid)(ABTS) $\geq 98\%$, ácido (\pm) -6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametil-cromano-2-carboxílico (Trolox), foram adquiridos na Sigma-Aldrich (St. Louis, Missouri, United States).

Amostra

Os frutos de jenipapo foram coletados em dois estágios de maturação (maduros e verdes), no município de Jacareacanga - PA, Brasil (05° 05' de latitude sul, 42° 48' de longitude oeste), em agosto de 2023. Após a coleta os frutos foram devidamente higienizados, pesados e em seguida descascados, despulpados, e por fim as sementes foram retiradas. As sementes, polpa e casca, foram, separadamente, pesados e armazenados em temperatura de 8°C até o momento da utilização.

Caracterização físico-química da polpa do Jenipapo

A polpa íntegra dos frutos verdes e maduros do jenipapo foi submetida a análise de cinzas e umidade. Foram pesados 10g da polpa de jenipapo em uma cápsula de porcelana. A amostra foi submetida a um calor de 105°C, em uma estufa (NI 1510 - Estufa de Esterilização e Secagem 15L) durante 4 horas para determinação da umidade, e, à 550°C na mufla durante 2 horas para determinação de cinzas. Foram feitas pesagens sucessivas, até que a massa estivesse constante(13). A análise foi feita em triplicata. O cálculo da umidade e de cinzas seguiu a Equação 1.

$$\text{Equação 1- } \%U \text{ ou cinzas} = \frac{100 \times N}{P}$$

Onde %U é a porcentagem de umidade, N é a massa perdida (em g) e P a massa inicial da amostra.

Preparo da amostra

Para a realização das demais análises de caracterização e da atividade antioxidante foi necessário preparar um suco da polpa de jenipapo para posterior liofilização. Foi produzida um suco, com grau Brix 16 para o fruto maduro e grau brix 15,2 para o fruto verde. Esse suco foi preparado usando a massa total da polpa de jenipapo com 200mL de água.

O suco do jenipapo de ambos os frutos verdes e maduros foram então congelados para posterior liofilização, usando o liofilizador (LIOTOP - modelo 101) por um período de 72 h.

Antes do congelamento foi mensurado o pH, usando um pHmetro digital de bancada (QUIMIS Q400MT, São Paulo, Brasil).

Termogravimetria (TG)

A polpa liofilizada, dos frutos de jenipapo (verde e maduro) foram submetidas a análises de termogravimetria (TG). Em um cadinho de platina foram pesadas 5 mg de cada amostra e submetidas a um regime de aquecimento de 10°C/min até temperatura de 600°C, em atmosfera de nitrogênio (N₂), fluxo de 50mL/min. A análises foram

performadas em um analisador térmico Shimadzu® TGA- 50 (Shimadzu, Kyoto, Japan), os resultados foram analisados no software TGA- 50 (Shimadzu, Kyoto, Japan).

Determinação de Polifenóis Totais e Flavonoides

A determinação de polifenóis totais foi realizada em espectrofotômetro UV 1800 (Shimadzu®, Kyoto, Japan) a um comprimento de onda de 760 nm. Foi construída uma curva padrão de ácido gálico (Sigma, Steinheim, Alemanha) nas concentrações de 5 a 75 mg/mL. Em balão volumétrico de 10 mL, foram adicionados às diferentes concentrações do padrão, 500 µL do reagente de Folin-Ciocalteu, 6 mL de água destilada, esperou-se 1 min, em seguida, adicionou-se 2 mL de solução de carbonato de sódio à 20 % (m/v) a solução foi agitada por 30 segundos, completou-se o volume com água destilada. As soluções permaneceram em repouso por 2 horas em seguida, realizou-se as leituras a 760 nm. Para a determinação do teor fenóis na polpa de jenipapo, o mesmo procedimento acima foi repetido com acréscimo de 100 µL da amostra. Os resultados foram expressos em miligramas de equivalentes de ácido gálico por grama de polpa (mg Eq AG. g⁻¹polpa de jenipapo) (14).

A determinação de flavonoides totais foi realizada em espectrofotômetro UV 1800 (Shimadzu®, Kyoto, Japan) a um comprimento de onda de 425 nm. Foi construída uma curva padrão de Rutina nas concentrações de 5 a 30 mg/mL. Em balão volumétrico de 10 mL, adicionou-se às diferentes concentrações do padrão e acrescentou-se 1 mL de solução de cloreto de alumínio à 2.5 % (m/V). As soluções permaneceram em repouso por 30 minutos, em seguida, realizou-se as leituras a 425 nm. Para a determinação do teor de flavonoides na polpa de jenipapo, em balão volumétrico de 10 mL colocou-se 800 µL da amostra, 1 mL de solução de cloreto de alumínio à 2.5 % (m/V) e completou-se o com metanol. Os resultados foram expressos em miligramas de rutina por grama de polpa mg Eq RUT. g⁻¹polpa de jenipapo (14,15).

Atividade antioxidante

A atividade antioxidante pela captura do radical livre ABTS foi realizada em espectrofotômetro UV 1800 (Shimadzu®, Kyoto, Japan) a um comprimento de onda de 734 nm. Preparou-se o radical ABTS a partir da reação de 5 mL da solução estoque de ABTS (7 mM) com 88 µL da solução de persulfato de potássio (140 mM) e mantido em temperatura ambiente no escuro por 16 horas. Após o tempo necessário diluiu-se 1 mL da mistura em álcool etílico até obter a absorvância de 0.7 nm ± 0.05 nm a 734 nm no espectrômetro Shimadzu UV 1800. Em ambiente escuro transferiu-se uma alíquota de 30 µL da diluição do extrato para tubos de ensaio e misturou-se 3.0 mL da solução do radical ABTS. Em seguida, homogeneizou-se em vórtex e após 6 min da mistura realizou-se as leituras a 734 nm. Utilizou-se o álcool etílico como branco para calibrar o espectrofotômetro. A atividade antioxidante foi calculada baseando-se em uma curva padrão de trolox (100 µM-2.000 µM) e a concentração final expressa em µM Trolox (TE)/g (16).

A atividade antioxidante pela captura do radical livre DPPH foi realizada em espectrofotômetro UV 1800 (Shimadzu®, Kyoto, Japan) a um comprimento de onda de 515 nm. Em ambiente escuro transferiu-se uma alíquota de 150 µL da diluição da polpa para tubos de ensaio com 5.850 mL do radical DPPH e homogeneizou-se em vórtex. Após 30 min realizou-se a leitura em espectrofotômetro. A atividade antioxidante foi calculada baseando-se em uma curva padrão de Trolox (50µM-2000 µM) e a concentração final expressa em µM Trolox (TE)/g (17,18). As atividades antioxidantes

medidas pela captura do ABTS e do DPPH foram calculadas em % de inibição, seguindo a equação 2.

Equação 2-

$$\% \text{ inibição} = \frac{(\text{Abs controle} - \text{Abs amostra})}{\text{Abs controle}} \times 100$$

A atividade antioxidante pelo método de redução do ferro (FRAP) foi realizada espectrofotômetro UV 1800 (Shimadzu®, Kyoto, Japan) a um comprimento de onda de 595 nm. O reagente FRAP foi obtido a partir da combinação de 100 mL de tampão acetato 0,3 M, 10 mL de uma solução de TPTZ 10 mM e 10 mL de uma solução aquosa de cloreto férrico 20 mM, usado imediatamente após o preparo. Em ambiente escuro, transferiu-se uma alíquota de 90 µL da diluição do extrato para tubos de ensaio, acrescentou-se 270 µL de água destilada, 2,7 mL do reagente FRAP, homogeneizou-se em vórtex e manteve-se em banho-maria a 37 °C por 30 minutos. Em seguida realizou-se a leitura a 595 nm. O reagente FRAP foi utilizado como branco para calibrar o espectrofotômetro. A atividade antioxidante foi calculada baseando-se em uma curva padrão de Trolox (160 µM-1.600 µM e a concentração final expressa em µM Trolox (TE)/g(19,20).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização físico- química da polpa do jenipapo maduro e verde

Aspectos físicos dos frutos de Jenipapo

A Tabela 1 mostra os resultados da caracterização física dos frutos verdes e maduros do Jenipapo. O peso médio encontrado do fruto maduro foi de 166,32g, sendo 50,10g das sementes, 35,91 g de casca e 75,26g de polpa (Tabela 1). Enquanto o fruto verde apresentou peso médio de 189,63g, sendo 58,75g de sementes, 44,14 de casca e 82,84 de polpa. Além dessas medidas, foi calculado o rendimento desses frutos cujo resultado foi 45,68% e 46,94%, para o fruto maduro e verde, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1- Características físicas de frutos de jenipapo

Variáveis	Frutos Maduros		Frutos verdes	
	Média * ± DP	Amplitude Mínimo Máximo	Média* ± DP	Amplitude Mínimo Máximo
Diâmetro (cm)	6,93 ± 1,52	5,3 - 8,3	6,93 ± 1,52	5,3- 8,3
Altura (cm)	8,4 ± 1,84	9,7- 6,3	8,4 ± 1,84	9,7 – 63
Frutos (g)	166,32±8,80	153,91-173,35	234,67 ± 39,02	189,63 - 258,25
Sementes (g)	50,10 ± 6,45	45,53 - 59,24	64,81± 5,37	58,75 - 68,99

As características físicas dos frutos, como tamanho, são importantes para o mercado de frutas frescas, já que frutos de peso mais elevado são mais atrativos ao

Casca (g)	35,91 ± 1,23	33,91 - 37,23	55,83 ± 11,02	44,14 - 66,04
Porção comestível (g)	75,26 ± 10,80	62,26 - 88,72	110,9 ± 24,34	82,84 - 126,44
Rendimento da polpa (%)	45,68 ± 8,91	36,25 - 57,64	46,94 ± 2,84	43,68 - 48,96

DP= desvio padrão; * média de Triplicatas

consumidor(21). Não existe legislação vigente determinando um padrão de tamanho para os frutos de jenipapo, porém, dados na literatura mostram que o jenipapo do cerrado brasileiro apresenta média de peso de 200g à 500g (22). A diferença de peso observada entre frutos de jenipapo do cerrado e o fruto estudado neste trabalho pode ser explicada por diversos fatores, em especial, pela influência que o clima e o solo da região exercem sobre características físicas das plantas. O estágio de maturação também influencia o tamanho dos frutos, por isso é observado a diferença de massa entre os frutos maduros e verdes em estudo neste trabalho (23).

Tabela 2 - Características Físico-químicas da polpa de jenipapo

Variáveis	Maduro	Verde
	Média*+-DP	Média*+-DP
pH	3,93±0,02	4,12±0,01
Umidade (g/100g)	83,33% ± 0,88	79,73 ± 0,03
Cinzas (g/ 100g)	0,05g ± 0,01	0,03 ± 0,01

Os frutos de jenipapo foram submetidos a análises de determinação de cinzas, umidade e pH (Tabela 2). Os valores dessas características físico-química não apresentaram diferenças significativas ($p < 0.05$) entre os frutos maduros e verdes (Tabela 2). As análises físico-químicas do jenipapo verde e maduro foram realizadas na polpa íntegra e no suco do jenipapo. O mesocarpo do jenipapo verde e do jenipapo maduro é fibroso e de difícil manipulação na realização das análises (24). Por isso, o caminho encontrado nesta pesquisa foi o processamento da polpa fibrosa em um liquidificador doméstico e posterior liofilização desse suco obtido. Excetuando-se as análises de cinzas e umidade, todas as demais foram realizadas no suco ou no produto liofilizado.

O fruto verde fornece um suco amarelo que escurece gradativamente até ficar azul escuro, esse suco é muito utilizado pelos nativos em suas pinturas ou para tingir os cabelos e o corpo (25). O mesmo acontece com o jenipapo maduro, mas o escurecimento ocorre numa velocidade menor. A determinação de pH foi realizada no suco do jenipapo verde e maduro, o valor de pH é decorrente da concentração de ácidos

ionizados de uma solução aquosa. O teor de ácidos orgânicos pode influenciar esse valor, frutos verdes apresentam maiores quantidade de ácidos orgânicos, isso explica o menor valor de pH do jenipapo verde (26). Pode-se dizer que os ácidos orgânicos funcionam como reserva energética, essa afirmação é devido a conversão dos ácidos orgânicos em açúcares durante o processo de amadurecimento. Isso explica porque frutos maduros são doces e contém maior quantidade de açúcares, enquanto frutos verdes são azedos(27).

A pequena diferença entre os valores referentes à umidade encontrados nas análises do fruto verde (79,73%) e maduro (83,33%) (Tabela 2) são semelhantes com os já relatados em outros estudos sobre o jenipapo. Essas diferenças entre a umidade em diferentes estágios de maturação é bem comum na maioria das frutas(28).

Em outra mão as curvas de termogravimetria (TG) são referentes às perdas de massa da polpa quando submetida à uma variação de temperatura. Os resultados de TG do fruto maduro mostra um início de perda de massa à temperatura de 100°C, provavelmente, está relacionada a evaporação de água e outros compostos voláteis presentes na polpa, o mesmo pode-se falar da curva TG do fruto verde (Figura 1). Após 100°C a curva mostra um declínio até a estabilização à temperatura de 400°C. Esse declínio é decorrente da degradação e evaporação dos componentes da polpa, como vitaminas, flavonoides, nutrientes, entre outros (15).

A termogravimetria é uma técnica analítica que tem como fundamento investigar as variações de massa de um material quando este é submetido a um aumento, controlado de temperatura. Geralmente é utilizada para verificar a estabilidade térmica de materiais. É comum a curva de termogravimetria (TG) não mostrar de modo claro os eventos de perda de massa, por isso calcula-se a derivada dessa curva, chamada de DTG, que através de picos mostra as alterações de massa da amostra durante o processo de aquecimento (Figura 2) (29). As duas amostras de jenipapo mostram dois eventos principais, mesmo que na DTG se observe mais de dois picos. A polpa de jenipapo é uma matriz complexa, ou seja, há uma grande mistura de substâncias que a compõem de diferentes massas molecular, resistência térmica e ponto de evaporação, isso faz com que as curvas TG/DTG mostrem vários eventos de perda de massa acontecendo quase que simultaneamente, sendo sem definição clara quando começa ou termina um evento. Isso é evidenciado na curva DTG, sempre que forma um pico, este não consegue retornar à linha de base, antes do início de outro pico (18,30).

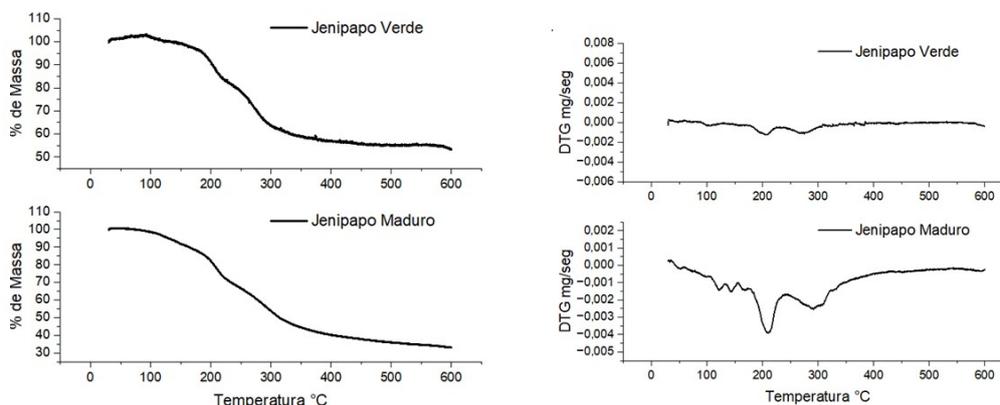


Figura 2- Curvas TG/DTG da polpa de Jenipapo verde e Jenipapo madura, após a liofilização

Determinação de Flavonóides, Polifenóis e Atividade Antioxidante

De modo geral, frutas são ricas em compostos antioxidantes, como flavonoides, polifenóis, carotenoides, vitaminas entre outros (31). A polpa dos frutos verdes e maduros do jenipapo foram analisados quanto a quantificação de polifenóis, expressos em ácido gálico e quantificação de flavonoides, expressos em rutina (Tabela 3). Os frutos verdes apresentaram maior conteúdo de flavonoides (150,97 mg Eq Rut. g/ polpa) e polifenóis (300,69 mg Eq AG. g/polpa) do que o fruto maduro (flavonoides- 110,63 mg Eq Rut. g/ polpa e polifenóis- 180,30 mg Eq AG. g/polpa) (Tabela 3).

A atividade antioxidante dos frutos de jenipapo foi determinada pelos métodos DPPH, ABTS e FRAP. Em particular, os valores determinados pelos métodos DPPH e ABTS foram expressos em μM /Trolox e porcentagem de inibição (Figura 2), enquanto os determinados pelo método FRAP foram expressos apenas em μM /Trolox (Tabela 3). Quanto à atividade antioxidante, o fruto maduro mostrou maior capacidade antioxidante, pelos três métodos analisados, como mostra a Tabela 3.

Tabela 3 - Resultados da concentração de flavonoides (expressos em mg Eq Rut. g/ polpa), polifenóis (expressos em mg Eq AG. g/polpa) e da atividade antioxidante, mensurada através dos métodos de ABTS, DPPH e FRAP

Amostras	Flavonoides (mg Eq Rut. g/ polpa)	Polifenóis (mg Eq AG. g/polpa)	ABTS μM Trolox	DPPH μM Trolox	FRAP μM Trolox
Polpa do Jenipapo Verde	150,97 \pm 0,98	300,69 \pm 1,36	620,33 \pm 171,4	315,2 \pm 20,1	761,11 \pm 41,46
Polpa Jenipapo Maduro	110,63 \pm 1,11	180,30 \pm 3,26	980,33 \pm 151,1	571 \pm 51,2	908,88 \pm 57,47

Abreviações: Rut.- rutina; AG- ácido gálico; ABTS- 2,2AZINOBIS(3-ethylbenzothiazoline6sulfonicacid; DPPH- 2,2-difenil-1-picrilhidrazil; FRAP- Ferric Reducing Antioxidant Power

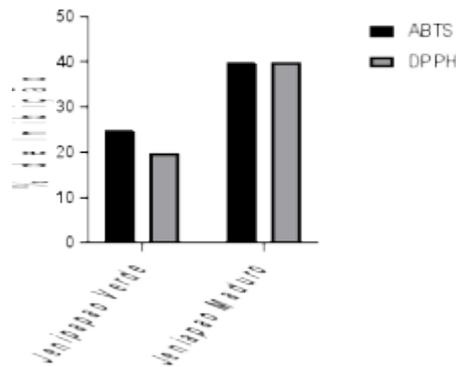


Figura 2- Valores da atividade antioxidante do Jenipapo verde e maduro determinado por ABTS e DPPH

O teor de flavonoides e polifenóis foi maior na polpa do jenipapo verde. Bentes et al., (32), ao quantificar polifenóis na polpa do jenipapo maduro e verde (4,47ug/ml expressos em ácido clorafenolico), reportaram polifenóis apenas no fruto verde. Essa predominância de polifenóis na polpa do fruto verde, possivelmente, está relacionada a ação protetiva dos ácidos fenólicos contra herbívoros, por serem compostos de baixo peso molecular e baixa atividade enzimática, sua síntese é energeticamente favorável nos estágios iniciais de desenvolvimento do fruto (33).

Quanto à atividade antioxidante, o fruto maduro apresentou maiores valores nas três metodologias utilizadas FRAP, ABTS e DPPH. Enquanto o fruto verde mostrou porcentagem de inibição de cerca de 20% para o ABTS e o DPPH, o fruto maduro revelou o dobro disso (40%) (Figura 2). Isso pode ser explicado pela presença de vitamina C e principalmente carotenoides na polpa do fruto maduro, em maiores quantidades que no fruto verde (4,34). A atividade antioxidante identificada na polpa dos frutos verdes e maduros do jenipapo, biologicamente, se traduz na capacidade desses frutos diminuir os efeitos deletérios dos radicais livres. Os radicais livres são moléculas formadas normalmente durante a respiração e a digestão de alimentos e podem causar danos às células e levar a diversas doenças graves, como aterosclerose e câncer. Quimicamente, são instáveis e procuram atingir a estabilidade através da obtenção de elétrons, que buscam em biomoléculas que fazem parte da composição das membranas celulares (Ex.: proteínas e lipídeos). Porém, quando uma proteína e lipídeo perde um elétron elas sofrem alterações na sua forma e função, tornando-se um novo radical livre, que através de diferentes mecanismos fisiopatológicos contribuem para aparecimento e/ou evolução de doenças crônicas- degenerativas. Os antioxidantes funcionam na proteção do organismo contra a formação de radicais livres, por isso, a atividade antioxidante de frutas está relacionada à prevenção de diferentes doenças (9,18,20,35)

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos por meio das análises do fruto do jenipapo apresentaram diferenças significativas entre o fruto verde e maduro. Quanto às suas características de pH, umidade e cinzas e a análise de estabilidade térmica realizada por termogravimetria, os valores desses parâmetros para os frutos maduros e verdes não foram muito distantes.

As maiores diferenças foram na atividade antioxidante e no conteúdo de polifenóis e de flavonoides. Enquanto os frutos verdes apresentam maior quantidade de polifenóis e de flavonoides, os frutos maduros apresentaram maior atividade antioxidante. Isso significa que ambos os frutos podem ser utilizados tecnologicamente para produção de alimentos funcionais, ou ainda como nutracêuticos para suplementação de antioxidantes.

REFERÊNCIAS

1. Especies-Arboreas-Brasileiras-vol-1-Jenipapeiro.pdf [Internet]. [citado 18 de agosto de 2024]. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/231732/1/Especies-Arboreas-Brasileiras-vol-1-Jenipapeiro.pdf>
2. Góes da Conceição J, de Freitas Barbosa AG, de Matos Mendes da Silva I, de Freitas F, Macedo Almeida Camilo V. Preservation of the cultural identity of regional products. Em: Preservation of the cultural identity of regional products [Internet]. 2021 [citado 18 de agosto de 2024]. Disponível em: <https://preprints.scielo.org/index.php/scielo/preprint/view/1660>
3. Porto R, Cardoso B, Barros N, Cunha E, Araújo M, Moreira-Araújo R. Chemical Composition and Antioxidant Activity of Genipa Americana L. (Jenipapo) of the Brazilian Cerrado. *Journal of Agriculture and Environmental Sciences*. 1º de janeiro de 2014;3.
4. Dickson L, Tenon M, Svilar L, Faça-Berthon P, Martin JC, Rogez H, et al. Genipap (*Genipa americana* L.) juice intake biomarkers after medium-term consumption. *Food Research International* [Internet]. 1º de novembro de 2020 [citado 18 de agosto de 2024];137:109375. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996920304002>
5. Erbano M, Duarte MR. Morfoanatomia de folha e caule de *Genipa americana* L., Rubiaceae. *Rev bras farmacogn* [Internet]. dezembro de 2010 [citado 18 de agosto de 2024];20:825–32. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbfar/a/pjLhRsJdmsgVZ5SMZ6HJymv/>
6. Santos AC, Otsuka FAM, Santos RB, Trindade DJ, Matos HR. Antglycation potential and antioxidant activity of genipap (*Genipa americana* L.) in oxidative stress mediated by hydrogen peroxide on cell culture. *Natural Product Research* [Internet]. 1º de junho de 2023 [citado 18 de agosto de 2024];37(12):2065–9. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/org/science/article/pii/S1478641923002802>
7. Assis RC de, Monteiro GR, Valentim AB, Maia CSC, Felipe SM da S, Freitas Rabelo CA, et al. Biological properties of bioactive compounds from the fruit and leaves of the genipap tree (*Genipa americana* L.): A systematic review. *Food Bioscience* [Internet]. 1º de junho de 2023 [citado 18 de agosto de 2024];53:102514. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212429223001657>
8. Olatunde A, Ogunro OB, Tijjani H, Shariati MA, Mubarak MS, Rengasamy KRR. Chemical constituents and antioxidant potential of African Fruits. *South African Journal of Botany* [Internet]. 1º de março de 2024 [citado 18 de agosto de 2024];166:126–50. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0254629924000164>
9. Arulselvan P, Fard MT, Tan WS, Gothai S, Fakurazi S, Norhaizan ME, et al. Role of Antioxidants and Natural Products in Inflammation. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity* [Internet]. 10 de outubro de 2016 [citado 5 de novembro de 2024]

2023];2016:e5276130. Disponível em:

<https://www.hindawi.com/journals/omcl/2016/5276130/>

10. Brewer M s. Natural Antioxidants: Sources, Compounds, Mechanisms of Action, and Potential Applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* [Internet]. 2011 [citado 18 de janeiro de 2023];10(4):221–47. Disponível em:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1541-4337.2011.00156.x>

11. Mehmood T, Ahmad A, Ahmed A, Ahmed Z. Optimization of olive oil based O/W nanoemulsions prepared through ultrasonic homogenization: A response surface methodology approach. *Food Chem.* 15 de agosto de 2017;229:790–6.

12. Shebis Y, Iluz D, Kinel-Tahan Y, Dubinsky Z, Yehoshua Y. Natural Antioxidants: Function and Sources. *Food and Nutrition Sciences* [Internet]. 5 de junho de 2013 [citado 18 de agosto de 2024];4(6):643–9. Disponível em:

<https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=32918>

13. NormasADOLFOLUTZ.pdf [Internet]. [citado 17 de agosto de 2024].

Disponível em:

<https://wp.ufpel.edu.br/nutricaoobromatologia/files/2013/07/NormasADOLFOLUTZ.pdf>

14. Ferreira LM de MC, Pereira RR, Carvalho-Guimarães FB de, Remígio MS do N, Barbosa WLR, Ribeiro-Costa RM, et al. Microencapsulation by Spray Drying and Antioxidant Activity of Phenolic Compounds from Tucuma Coproduct (*Astrocaryum vulgare* Mart.) Almonds. *Polymers* [Internet]. janeiro de 2022 [citado 5 de janeiro de 2023];14(14):2905. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4360/14/14/2905>

15. Ferreira LM de MC, Pereira RR, Carvalho FB de, Silva Santos A, Ribeiro-Costa RM, Carréra Silva Júnior JO. Green Extraction by Ultrasound, Microencapsulation by Spray Drying and Antioxidant Activity of the Tucuma Coproduct (*Astrocaryum vulgare* Mart.) Almonds. *Biomolecules* [Internet]. abril de 2021 [citado 9 de dezembro de 2022];11(4):545. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2218-273X/11/4/545>

16. Rufino M, Alves R, Brito E, Morais S, Sampaio C, Pérez-Jiménez J. Metodologia Científica: Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical ABTS+. *Embrapa Agroindústria Tropical Comunicado Técnico*. 1º de janeiro de 2007;127.

17. Rufino M do SM, Alves RE, Brito ES de, Morais SM de, Sampaio C de G, Pérez - Jiménez J, et al. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. 2007 [citado 18 de agosto de 2024]; Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/426953>

18. Ferreira LM de MC, Souza PDQ de, Pereira RR, Silva EO da, Barbosa WLR, Silva-Júnior JOC, et al. Preliminary Study on the Chemical and Biological Properties of Propolis Extract from Stingless Bees from the Northern Region of Brazil. *Processes* [Internet]. abril de 2024 [citado 29 de março de 2024];12(4):700. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2227-9717/12/4/700>

19. Rufino M do SM, Alves RE, Brito ES de, Morais SM de, Sampaio C de G, Pérez-Jiménez J, et al. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pelo método de redução do ferro (FRAP). 2006 [citado 18 de agosto de 2024]; Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/664098>

20. Ferreira LM de MC, Modesto YY, Souza PDQ de, Nascimento FC de A, Pereira RR, Converti A, et al. Characterization, Biocompatibility and Antioxidant Activity of Hydrogels Containing Propolis Extract as an Alternative Treatment in Wound Healing. *Pharmaceuticals* [Internet]. maio de 2024 [citado 18 de agosto de 2024];17(5):575. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1424-8247/17/5/575>

21. Silva AP da, Lima CLC de, Vieites RL. CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E FÍSICA DO JENIPAPO (*Genipa americana* L.) ARMAZENADO. *Sci agric* (Piracicaba, Braz) [Internet]. janeiro de 1998 [citado 1º de dezembro de 2023];55:29–34. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/ws9hXwz9qYNJ3sKcs5wYJKb/?format=html>
22. EMBRAPA.
http://www.agabrasil.org.br/_Dinamicos/livro_frutas_nativas_Embrapa.pdf [Internet]. [citado 18 de agosto de 2024]. Disponível em:
http://www.agabrasil.org.br/_Dinamicos/livro_frutas_nativas_Embrapa.pdf
23. Sharma D, dhvi M, Chauhan A. Effect of environmental factors on vegetables production. 1º de janeiro de 2020;610–2.
24. Dickson L, Tenon M, Svilar L, Faça-Berthon P, Martin JC, Rogez H, et al. Genipap (*Genipa americana* L.) juice intake biomarkers after medium-term consumption. *Food Res Int*. novembro de 2020;137:109375.
25. Náthia-Neves G, Vardanega R, Meireles MAA. Extraction of natural blue colorant from *Genipa americana* L. using green technologies: Techno-economic evaluation. *Food and Bioproducts Processing* [Internet]. 1º de março de 2019 [citado 18 de agosto de 2024];114:132–43. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960308518306126>
26. Batista-Silva W, Nascimento VL, Medeiros DB, Nunes-Nesi A, Ribeiro DM, Zsögön A, et al. Modifications in Organic Acid Profiles During Fruit Development and Ripening: Correlation or Causation? *Front Plant Sci* [Internet]. 20 de novembro de 2018 [citado 18 de agosto de 2024];9:1689. Disponível em:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6256983/>
27. Zheng B, Zhao L, Jiang X, Cheron S, Liu J, Ogutu C, et al. Assessment of organic acid accumulation and its related genes in peach. *Food Chemistry* [Internet]. 1º de janeiro de 2021 [citado 18 de agosto de 2024];334:127567. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814620314291>
28. Shin Y, Ryu JA, Liu RH, Nock JF, Watkins CB. Harvest maturity, storage temperature and relative humidity affect fruit quality, antioxidant contents and activity, and inhibition of cell proliferation of strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology* [Internet]. 1º de agosto de 2008 [citado 18 de agosto de 2024];49(2):201–9. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925521408000781>
29. Neves FB, Zanin LL, Pereira RR, Júnior JOCS, Costa RMR, Porto ALM, Yoshioka SA, Oliveira ANd, Jimenez DEQ, Ferreira IM. Chitin and Silk Fibroin Biopolymers Modified by Oxone: Efficient Heterogeneous Catalysts for Knoevenagel Reaction. *Catalysts*. [citado 18 de agosto de 2024]. Disponível em:
<https://www.mdpi.com/2073-4344/12/8/904>
30. Correa KL, de Carvalho-Guimarães FB, Mourão ES, Oliveira Santos HC, da Costa Sanches SC, Lamarão MLN, et al. Physicochemical and Nutritional Properties of Vegetable Oils from Brazil Diversity and Their Applications in the Food Industry. *Foods* [Internet]. janeiro de 2024 [citado 17 de agosto de 2024];13(10):1565. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2304-8158/13/10/1565>
31. Rahaman MdM, Hossain R, Herrera-Bravo J, Islam MT, Atolani O, Adeyemi OS, et al. Natural antioxidants from some fruits, seeds, foods, natural products, and associated health benefits: An update. *Food Sci Nutr* [Internet]. 13 de janeiro de 2023 [citado 18 de agosto de 2024];11(4):1657–70. Disponível em:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10084981/>
32. Bentes A de S, Mercadante AZ. Influence of the Stage of Ripeness on the Composition of Iridoids and Phenolic Compounds in Genipap (*Genipa americana* L.). *J*

- Agric Food Chem [Internet]. 5 de novembro de 2014 [citado 18 de agosto de 2024];62(44):10800–8. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/jf503378k>
33. Baby S, Raj G, Thaha ARM, Dan M. Volatile chemistry of a plant: monosesquiterpenoid pattern in the growth cycle of *Curcuma haritha*. *Flavour and Fragrance Journal* [Internet]. 2010 [citado 18 de agosto de 2024];25(1):35–40. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ffj.1955>
34. Ribeiro J, Barros H, Macedo Viana E, Gualberto S, Silva A, Souza C, et al. Composition, Antinutrients and Antioxidant Capacity of Genipap (*Genipa americana* L.): Activity of Phenolic Constituents on the Thermal Stability of β -carotene. *Journal of Culinary Science & Technology* [Internet]. 4 de março de 2023 [citado 18 de agosto de 2024];21(2):215–37. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/15428052.2021.1914263>
35. Bonamigo T, Campos JF, Alfredo TM, Balestieri JBP, Cardoso CAL, Paredes-Gamero EJ, et al. Antioxidant, Cytotoxic, and Toxic Activities of Propolis from Two Native Bees in Brazil: *Scaptotrigona depilis* and *Melipona quadrifasciata anthidioides*. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity* [Internet]. 9 de março de 2017 [citado 5 de novembro de 2023];2017:e1038153. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/omcl/2017/1038153/>.