

Compostos bioativos e capacidade antioxidante em frutos de noni (*Morinda citrifolia* Linn)

*Bioactive compounds and antioxidant capacity in fruits of noni (*Morinda citrifolia* Linn)*

Emanuel Tarcísio do Rêgo Farias¹; Adriana Ferreira dos Santos²; Máira Felinto Lopes³; Júlia Medeiros Bezerra⁴; Fernanda Vanessa Gomes da Silva⁵

¹Mestre em Sistemas Agroindustriais, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, Paraíba, (83) 99983-6194, emanueltarcisio@ccta.ufcg.edu.br;

²Professora do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, Paraíba, adrefesantos@ccta.ufcg.edu.br;

³Professora do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, Paraíba, mairafelinto@ccta.ufcg.edu.br;

⁴Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos, Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, juliamedeiros1709@hotmail.com; ⁵Professora do Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba, fvg2004@yahoo.com.br

ARTIGO

Recebido: 30/04/2019

Aprovado: 16/12/2019

Palavras-chave:

Morinda citrifolia L.

Qualidade

Antioxidantes

RESUMO

O consumo de frutas *in natura* é crescente em todo o mundo devido a fatores que levam a modificações nos hábitos alimentares das pessoas, como o cuidado com a saúde e os aspectos nutritivos dos alimentos. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade, quantificar os compostos bioativos e a capacidade antioxidante dos frutos de noni em cinco estádios de maturação. O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Tecnologia de Produtos de Origem Vegetal do Centro de Ciências e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Campina Grande, no *Campus* de Pombal - PB. Os frutos foram provenientes de plantios localizados na cidade de Fortaleza - CE, sendo colhidos diretamente na copa da planta, tomando-se como índice de colheita a coloração da casca. Foram realizadas avaliações físicas, físico-químicas, de compostos bioativos e capacidade antioxidante nos frutos. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado ($p < 0,05$). Características físico-químicas de sólidos solúveis, açúcares solúveis totais, açúcares redutores e relação SS/AT, aumentaram com o avanço da maturação. Para os compostos bioativos, o teor de ácido ascórbico aumentou de forma considerável com o avanço da maturação, assim como também valores representativos para os compostos fenólicos. Os frutos estudados apresentaram propriedade antioxidante, aumentando o poder redutor com o amadurecimento. Conclui-se que os frutos avaliados apresentaram quantidades consideráveis de compostos biologicamente ativos, podendo constituir como uma boa fonte de antioxidantes naturais.

ABSTRACT

The consumption of fresh fruit is increasing worldwide due to factors that lead to changes in people's eating habits, such as health care and nutritional aspects of food. The present work aimed to evaluate the quality, quantify the bioactive compounds and the antioxidant capacity of noni fruits in five maturation stages. The work was developed in the Laboratory of Technology of Products of Vegetable Origin of the Center of Sciences and Technology of Food of the Federal University of Campina Grande, in the Campus of Pombal - PB. The fruits came from plantations located in the city of Fortaleza - CE, being harvested directly in the canopy of the plant, taking the color of the bark as the harvest index. Physical, physico-chemical evaluations of bioactive compounds and antioxidant capacity in fruits were performed. The experimental design used was completely randomized ($p < 0.05$). Physico-chemical characteristics of soluble solids, total soluble sugars, reducing sugars and SS / AT ratio, increased with advancing maturation. For bioactive compounds, the ascorbic acid content increased considerably with advancing maturation, as well as representative values for phenolic compounds. The fruits studied showed antioxidant properties, increasing the reducing power with ripening. It is concluded that the evaluated fruits presented considerable amounts of biologically active compounds, which can constitute a good source of natural antioxidants.

Key words:

Morinda citrifolia L.

Quality

Antioxidants

INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta condições ecológicas para produzir frutas de ótima qualidade e com uma variedade de espécies de frutas tropicais, subtropicais e temperadas. Várias espécies de frutíferas, pouco conhecidas, vêm sendo avaliadas, como alternativa as espécies tradicionais, que estão sofrendo, pela perda de competitividade e/ou rentabilidade advindas de problemas relacionados a restrições de cultivo em determinadas regiões, assim como pelas novas demandas e exigências do mercado (FACHINELLO; NACHTIGAL; KERSTEN, 2008). Neste contexto, os produtos agrícolas cujo conhecimento é limitado e seus níveis de produção e consumo são comparativamente modestos, são considerados como não tradicionais.

A fruticultura está em expansão e o mercado de frutas exóticas tem ganhado cada vez mais espaço no Brasil, tanto pela procura de alternativas por parte dos produtores, como pela busca de novas opções de frutas pelos consumidores, dentre elas merece destaque o noni.

A *Morinda citrifolia* Linn mais conhecida como noni, é uma planta frutífera utilizada como medicamento pelos povos da Polinésia há mais de 2000 anos (CORREIA et al., 2011). Apesar de ser uma cultura relativamente recente no Brasil, tem aumentando o interesse nos últimos anos pelo seu cultivo comercial devido à sua facilidade de adaptação climatológica. Seu consumo tem se expandido rapidamente em todas as regiões brasileiras, não apenas por ser rica em nutrientes, mas principalmente pelas propriedades fitoterápicas atribuídas ao fruto (SILVA et al., 2012). É conhecida por seus benefícios nutracêuticos, em destaque, por sua propriedade antioxidante, estando essa diretamente relacionada com a forma de consumo da fruta, *in natura* ou processada (NASCIMENTO et al., 2016).

O fruto de noni foi introduzido no Brasil como uma matéria-prima de forte apelo comercial devido a todas as características a ele atribuídas e aos benefícios relacionados ao seu consumo. O cultivo do noni é relatado nos Estados do Acre, São Paulo, Minas Gerais, Pará, Sergipe e Ceará, entre outros (CORREIA et al., 2011). Como a composição química dos frutos pode variar de acordo com fatores ambientais e distribuição geográfica, torna-se imprescindível estudar a composição do fruto cultivado no Brasil.

Portanto, este trabalho teve como objetivo principal avaliar frutos do noni em cinco estádios de maturação, com relação às suas propriedades físicas, físico-químicas, compostos bioativos e a capacidade antioxidante.

MATERIAL E MÉTODOS

Os frutos do noni foram provenientes de plantios localizados na cidade Fortaleza - CE, colhidos nos meses de agosto e setembro de 2013, em diferentes estádios de maturação. A colheita foi realizada diretamente na copa da planta, tomando-se como índice a coloração da casca do fruto, por meio de uma escala própria para indicativos dos estádios de maturação, conforme Figura 1.

Figura 1. Classificação dos estádios de maturação dos frutos de noni, com base na coloração da casca, mediante seleção visual.

ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO	PIGMENTAÇÃO APARENTE
I	 <p>Fruto na maturação fisiológica com coloração verde</p>
II	 <p>Fruto com quebra da coloração verde</p>
III	 <p>Frutos com coloração verde amarelada, com predominância de amarelo</p>
IV	 <p>Fruto com coloração amarelo esbranquiçada</p>
V	 <p>Fruto translúcido acinzentado</p>

Fonte: Autoria própria (2020)

Após a colheita, os frutos foram acondicionados em caixas isotérmicas e transportados para o Laboratório de Tecnologia de Produtos de Origem Vegetal no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, onde foram selecionados quanto ao tamanho, peso, estágio de maturação e aparência. Inicialmente foi realizada uma pré-seleção dos frutos, descartando-se os danificados e em fase de senescência avançada, sendo em seguida lavados por imersão em água clorada (50 ppm) durante 15 minutos. Parte dos frutos foi submetida à avaliação física e outra parte a extração da polpa, a qual foi armazenada em potes plásticos com tampa de 500 mL cobertos com papel alumínio para preservação dos compostos bioativos presentes, sendo então congeladas a -18°C para análises posteriores.

Para as avaliações físicas, foram utilizados 10 frutos/estádio de maturação e para as demais avaliações (químicas, compostos bioativos e antioxidantes) foram utilizados o sumo de cinco repetições de 5 frutos/parcela, para cada estágio de maturação.

Delineamento Experimental

O experimento foi instalado em um delineamento inteiramente casualizado. Os resultados foram submetidos à análise de variância ($p < 0,05$). Os tratamentos foram representados pelos estádios de maturação e as repetições foram de 10 frutos/estádios para as avaliações físicas e 5 repetições do

sumo de 5 frutos/parcela para cada estágio de maturação para as avaliações físico-químicas, compostos bioativos e capacidade antioxidante.

Avaliações Físicas

Massa fresca do fruto (g): determinada por pesagem individual dos frutos em balança semianalítica (BEL L-303i) de precisão 0,001 g;

Diâmetros longitudinal e transversal (mm): Os diâmetros foram obtidos medindo-se os frutos nos sentidos longitudinal e transversal com o uso de paquímetro digital (200 mm – leit. 0,005 mm – Digimess);

Volume (cm³): foi determinado através da medição do volume de água deslocado pelo fruto em uma proveta graduada de 1000 mL;

Massa específica (g/cm³): a massa específica foi obtida através da razão entre massa e volume do fruto;

Firmeza da polpa (N): foi determinada com penetrômetro analógico (Mixterm FT327), com ponteira de 8 mm na região equatorial da fruta, tomando-se duas leituras por fruta e multiplicando-se o valor da leitura do penetrômetro pelo fator de transformação para Newton que é 4,45 (Instituto Adolfo Lutz, 2008);

Avaliações Físico-Químicas

Sólidos Solúveis – SS (%): a polpa dos frutos foi filtrada em uma camada de algodão e o teor de sólidos solúveis determinado por leitura direta em refratômetro portátil digital 0 a 45% °Brix com compensação automática de temperatura (Biobrix 104-D), de acordo com AOAC (2005);

Acidez Titulável – AT (g.100g⁻¹): por titulometria com NaOH 0,1 M, segundo Instituto Adolfo Lutz - IAL (2008);

Relação sólidos solúveis e acidez titulável - SS/AT: obtida através da razão entre os valores de sólidos solúveis e acidez titulável;

Potencial Hidrogeniônico - pH: determinado em pHmetro, com inserção direta do eletrodo, de acordo com IAL (2008);

Lípídeos totais (g.100g⁻¹): foram determinados como extrato etéreo através da extração contínua pelo método de *Soxhlet*, utilizando hexano como solvente conforme as normas do IAL (2008).

Proteínas totais (g.100g⁻¹): o teor de nitrogênio total das amostras foi determinado pelo Método de *Kjeldahl*, utilizando-se o fator de conversão genérico 6,25 para transformação do teor quantificado em proteína segundo o método descrito pelo IAL (2008).

Açúcares Solúveis Totais - AST (g.100g⁻¹): determinados pelo método de antrona segundo metodologia descrita por Yemm e Willis (1954). O extrato foi obtido através da diluição de 0,5 g da polpa em 50 mL de água destilada. As amostras foram preparadas em banho de gelo, adicionando-se em um tubo 50 µL do extrato, 950 µL de água destilada e 2,0 mL da solução de antrona 0,2%, seguida de agitação e repouso em banho-maria a 100 °C por 3 minutos. A leitura das amostras foi realizada em espectrofotômetro a 620 nm, utilizando-se como referência a glicose para obtenção da curva padrão.

Avaliação dos Compostos Bioativos e da Capacidade Antioxidante

Ácido Ascórbico (mg.100⁻¹g⁻¹): determinado, segundo AOAC (2005), através da titulação com 2,6 diclorofenolindofenol (DFI), até obtenção de coloração rósea claro permanente, utilizando-se 1 g da amostra diluída em 50 mL de ácido oxálico 0,5%;

Carotenoides (µg.100⁻¹g⁻¹) e Clorofilas Totais (mg.100⁻¹g⁻¹): foram determinados de acordo com Lichtenthaler (1987), onde cerca de 0,5 g de amostra fresca foi macerada em almofariz com 0,2 g de carbonato de cálcio (CaCO₃) e 10 mL de acetona (80%) gelada em ambiente escuro. Em seguida, as amostras foram centrifugadas a 10 °C e 3.000 rpm por 10 minutos e os sobrenadantes lidos em espectrofotômetro nos comprimentos de onda de 470, 646 e 663 nm.

Flavonoides e Antocianinas (mg.100⁻¹g⁻¹): determinados de acordo com a metodologia de Francis (1982), onde cerca de 1 g de amostra fresca foi macerada em almofariz com 10 mL de etanol - HCl (1,5 N) na proporção 85:15 em ambiente escuro e deixados em repouso por 24 horas na geladeira. As amostras foram filtradas e as leituras realizadas em espectrofotômetro a 374 e 535 nm para a determinação de flavonoides e antocianinas respectivamente.

Polifenóis Extraíveis Totais – PET (mg.100⁻¹g⁻¹ de ácido gálico): a determinação foi feita conforme descrito pelo método de Larrauri, Pupérez e Saura-Calixto (1997). Em tubos de centrifugação de 15 mL, foram adicionados 1 g da polpa de noni juntamente com 4 mL de metanol 50 %, cobertos com papel alumínio e deixados em repouso para extração durante 1 h, sendo em seguida centrifugados a 3.000 rpm durante 15 minutos. Os sobrenadantes foram transferidos para outros tubos e nos resíduos foram adicionados 4 mL de acetona 70%, cobertos com papel alumínio e deixados em repouso para extração por mais 1 h. Após esse período, as amostras foram submetidas novamente a centrifugação e o sobrenadante adicionado ao sobrenadante da primeira extração, completando-se o volume com água destilada. Em tubos de ensaio, colocou-se uma alíquota do extrato de 50 µL, acrescida de 950 µL de água destilada, 1,0 mL de *Folin Ciocalteu*, 2,0 mL de carbonato de sódio 20% e 2,0 mL de água destilada. Agitou-se e depois de 30 minutos realizou-se a leitura em espectrofotômetro com comprimento de onda a 700 nm e o resultado expresso em mg.100 g⁻¹ de ácido gálico;

Determinação da capacidade antioxidante sequestrante do radical livre DPPH (1,1- difenil-2-picrilidrazil): foi pesado 1 g da polpa de noni em tubos de centrifugação de 15 mL, adicionando 4 mL de metanol 50% , cobertos com papel alumínio e deixados em repouso para extração por 1 h, sendo em seguida centrifugados a 3.000 rpm durante 15 minutos. Os sobrenadantes foram transferidos para outros tubos e nos resíduos foram adicionados 4 mL de acetona 70%, cobertos com papel alumínio e deixados em repouso para extração por mais 1 h. Após esse período, as amostras foram submetidas novamente a centrifugação e o sobrenadante adicionado ao sobrenadante da primeira extração, completando-se o volume com água destilada. A partir da obtenção dos extratos, foram preparadas em tubos de ensaio três concentrações diferentes (10, 30 e 50 µL) em triplicata, sendo utilizado 0,1 mL de cada concentração com 3,9 mL da solução de DPPH. As leituras

foram realizadas a 515 nm, observando-se a redução da absorvância até sua estabilização. O resultado foi expresso na forma de EC50, que corresponde à concentração da amostra necessária para reduzir em 50% a concentração inicial do radical DPPH (RUFINO et al., 2007).

Análise Estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância. Verificando efeito significativo para o teste F, os dados foram submetidos ao teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o programa computacional ASSISTAT® 2016.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 1. Valores médios e desvios padrão para diâmetro longitudinal (DL), diâmetro transversal (DT), massa fresca, volume (V), densidade (D) e firmeza em noni colhidos em cinco estádios de maturação.

Estádios de Maturação	DL (mm)	DT (mm)	Massa fresca (g)	V (cm ³)	Densidade (g.cm)	Firmeza (N)
I	76,26 ^c ± 4,31	45,29 ^b ± 2,65	82,44 ^d ± 6,68	93,00 ^c ± 11,10	0,891 ^a ± 0,05	115,70 ^a ± 0,0
II	77,65 ^c ± 6,61	44,92 ^b ± 3,54	88,37 ^{cd} ± 14,59	94,50 ^c ± 13,63	0,933 ^a ± 0,04	115,70 ^a ± 0,0
III	88,29 ^b ± 5,29	49,24 ^{ab} ± 2,64	112,43 ^{bc} ± 8,01	112,50 ^{bc} ± 13,59	1,014 ^a ± 0,17	47,83 ^b ± 12,00
IV	97,32 ^{ab} ± 7,70	50,66 ^a ± 4,08	129,35 ^b ± 18,21	127,80 ^{ab} ± 37,45	1,069 ^a ± 0,26	27,32 ^c ± 9,69
V	101,19 ^a ± 10,22	53,27 ^a ± 5,43	155,05 ^a ± 34,42	156,00 ^a ± 38,64	1,005 ^a ± 0,09	10,62 ^d ± 4,59
CV (%)	8,09	7,84	16,89	22,30	15,21	11,35

Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem entre si (p<0,05). Estádios de Maturação: I = Fruto na maturação fisiológica com coloração verde; II = Fruto com quebra da coloração verde; III = Frutos com tom verde amarelada, com predominância de amarelo; IV = Fruto com coloração amarela esbranquiçada; V = Fruto translúcido acinzentado.

Para a massa fresca, os frutos apresentaram aumento em seu peso durante a maturação, variando de 82,44 g (estádio I) a 155,05 g (estádio V). Nascimento et al. (2018) realizando caracterização centesimal em frutos de noni, encontrou valor médio de 83,24 g, enquanto que Lima et al. (2010) estudando frutos de noni da região do São Francisco, encontraram 195,9 g, valores estes equivalentes ao do presente estudo.

O volume dos frutos apresentou diferença significativa (p<0,05), observando um aumento com o avanço da maturação, de 93 cm³ no estágio I e 156 cm³ no estágio V, enquanto a

Como observa-se na Tabela 1, os frutos apresentaram diferença significativa (p<0,05) nos parâmetros físicos avaliados de diâmetro longitudinal (DL), diâmetro transversal (DT), na relação DL/DT e massa fresca. O DL, DT e a relação DL/DT aumentaram de acordo com o estágio de maturação dos frutos. Entre os frutos nos estádios de maturação III, IV e V, houve diferença significativa para essas características. Silva et al. (2009) realizando caracterização física de frutos de noni, encontraram um diâmetro longitudinal (DL) e diâmetro transversal (DT) de 103,83 e 79,50 mm, respectivamente, sendo os valores de DT semelhantes aos do presente estudo, porém o DL foi maior, definindo o noni como um fruto de formato ovalado.

densidade não apresentou diferença significativa, com valor médio de 0,98 cm³ (Tabela 1). Para a firmeza, observa-se uma diferença significativa entre os frutos (p<0,05), variando de 115,7 N (estádio I) a 10,62 N (estádio V), com redução de mais de 10 vezes na firmeza com o avanço da maturação. Em estudos de caracterização física de frutos de noni, Silva et al. (2009) observaram que a firmeza da polpa diferiu entre os estádios de maturação, com média geral de 118,74 N, sendo que o fruto no estágio verde apresentou maior valor médio (128,41 N) semelhantes aos encontrados no presente trabalho.

Tabela 2. Valores médios e desvios padrão para sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), pH, SS/AT, açúcares solúveis totais (AST), proteínas (PRO) e lipídeos (LIP) em noni colhidos em cinco estádios de maturação.

Estádios de Maturação	SS (%)	AT (% de ácido cítrico)	pH	SS/AT	AST (%)	PRO (%)	LIP (%)
I	6,52 ^c ± 0,17	0,45 ^c ± 0,01	4,95 ^a ± 0,15	14,66 ^b ± 0,22	5,08 ^c ± 0,22	0,96 ^b ± 0,19	0,61 ^a ± 0,09
II	6,97 ^d ± 0,05	0,45 ^c ± 0,01	4,78 ^{ab} ± 0,01	15,47 ^a ± 0,41	5,60 ^c ± 0,53	0,97 ^b ± 0,20	0,57 ^a ± 0,04
III	7,45 ^c ± 0,06	0,53 ^b ± 0,01	4,43 ^{bc} ± 0,24	13,97 ^c ± 0,34	6,57 ^b ± 0,20	1,16 ^{ab} ± 0,20	0,26 ^b ± 0,05
IV	7,70 ^b ± 0,08	0,52 ^b ± 0,01	4,30 ^c ± 0,29	14,76 ^b ± 0,24	7,31 ^a ± 0,25	1,38 ^{ab} ± 0,17	0,26 ^b ± 0,07
V	8,67 ^a ± 0,10	0,57 ^a ± 0,01	4,41 ^{bc} ± 0,05	15,16 ^{ab} ± 0,23	7,39 ^a ± 0,30	1,50 ^a ± 0,23	0,28 ^b ± 0,05
CV (%)	0,56	0,003	0,09	0,34	0,97	0,08	0,03

Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem entre si (p<0,05). Estádios de Maturação: I = Fruto na maturação fisiológica com coloração verde; II = Fruto com quebra da coloração verde; III = Frutos com tom verde amarelada, com predominância de amarelo; IV = Fruto com coloração amarela esbranquiçada; V = Fruto translúcido acinzentado.

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados obtidos nas avaliações físico-químicas do noni, onde podemos observar que os sólidos solúveis aumentaram com o avanço da maturação,

variando de 6,52%, 6,97% para o estágio I a 8,67% para o estágio V. Nascimento et al. (2018) obteve valor de 8,6%, resultado este que corrobora com os do presente trabalho. Silva

et al. (2012) avaliando o noni em três estádios de maturação (verde, intermediário e maduro) relataram elevado teor de sólidos solúveis quando maduro (10,33%) e baixo quando verde (4,83%).

A acidez titulável, tem grande influência no sabor do fruto, propiciando uma boa avaliação do sabor, na qual é mais representativa que a medição isolada de açúcares e de acidez (CORREIA et al., 2011). Os frutos do noni apresentaram um aumento significativo da acidez entre os estádios de maturação avaliados, com 0,45% no estágio I e 0,57% no estágio V. Silva et al. (2012) caracterizando frutos de noni em três estádios de maturação, obteve valores de 0,21%, 0,30% e 0,39% de acidez titulável nos estádios I, II e III respectivamente, enquanto Nascimento et al. (2018) relatou valor semelhante ao deste trabalho, 0,54%.

O pH dos frutos apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) com redução durante o amadurecimento, de 4,95 (estádio I) a 4,30 (estádio V). Faria et al. (2014) em trabalho de caracterização físico-química e análise fitoquímica preliminar de frutos do noni, encontraram um pH de 3,54, valor este inferior ao deste estudo, em contrapartida Silva et al. (2012) obtiveram valores mais próximos entre 5,0 e 4,66 para os estádios I e III respectivamente, também observando a diminuição deste parâmetro durante a maturação.

A relação SS/AT observada para os frutos variou entre 13,97 e 15,47 para os estádios III e II respectivamente (Tabela 2). Para Silva et al. (2012) os dados obtidos dessa relação foram bem maiores do que os encontrados neste trabalho, sendo de 23,01, 27,80 e 26,69 entre os estádios de maturação avaliados.

Para os açúcares solúveis totais (AST) dos frutos de noni, verificou-se diferença significativa, aumentando de 5,28%

(estádio I) para 7,29% (estádio V) com o avanço da maturação (Tabela 2). Esse aumento concorda com o comportamento dos sólidos solúveis, uma vez que os açúcares fazem parte de sua constituição. Os AST encontrados por Faria et al. (2014) e Correia et al. (2011) de 5,27% e 5,45%, respectivamente, são bem próximos aos encontrados neste estudo para os estádios I e II de maturação, porém inferiores aos estádios mais avançados, cujos valores foram 6,57%, 7,31% e 7,39% para os estádios III, IV e V respectivamente.

Em relação ao teor de proteínas, observa-se que os frutos apresentam acréscimo durante a maturação, entretanto apenas os estádios I e II foram diferentes significativamente do estágio V, os demais iguais estatisticamente. Correia et al. (2011) realizando a caracterização química e físico-química da polpa do noni, reportaram um teor de proteína de 1,06%, enquanto que Costa et al. (2013) determinando a atividade antioxidante *in vitro* e antifúngica do noni encontraram valor de 2,24% na polpa. Farias et al (2018) avaliando o potencial antimicrobiano e físico-químico do noni encontrou um teor de 0,96% de proteína na polpa, valor este equivalente ao fruto no estágio I do presente estudo. O maior valor encontrado na literatura para proteína em fruto de noni foi de 4,2% (NASCIMENTO, et al., 2018), porém não foi encontrado resultado para diferentes estádios de maturação.

O teor de lipídios diminuiu durante a maturação, de 0,61% no estágio I a 0,28% no estágio V (Tabela 2). Costa et al. (2013) e Nascimento et al. (2018) obtiveram resultados próximos aos deste trabalho 0,37% e 0,34%, respectivamente, ressaltando apenas que para esses resultados utilizaram apenas um estágio de maturação.

Tabela 3. Valores médios e desvios padrão para ácido ascórbico, clorofila e carotenoides totais de noni colhidos em cinco estádios de maturação.

Estádios de Maturação	Ácido Ascórbico (mg.100g ⁻¹)	Clorofila (mg.100g ⁻¹)	Carotenoides (µg.100g ⁻¹)
I	70,15 ^c ± 0,99	1,64 ^a ± 0,08	0,83 ^a ± 0,04
II	112,38 ^d ± 3,15	1,55 ^a ± 0,11	0,82 ^a ± 0,06
III	155,78 ^c ± 4,15	1,27 ^b ± 0,08	0,67 ^b ± 0,02
IV	188,86 ^b ± 2,19	1,05 ^b ± 0,06	0,58 ^b ± 0,05
V	195,85 ^a ± 3,49	0,63 ^c ± 0,11	0,38 ^c ± 0,05
CV	6,7	0,15	0,031

Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem entre si ($p < 0,05$). Estádios de Maturação: I = Fruto na maturação fisiológica com coloração verde; II = Fruto com quebra da coloração verde; III = Frutos com tom verde amarelada, com predominância de amarelo; IV = Fruto com coloração amarela esbranquiçada; V = Fruto translúcido acinzentado.

O teor de ácido ascórbico para os frutos de noni em função do estágio de maturação diferiu significativamente (Tabela 3), com aumento de mais de 100% do estágio I (70,15 mg.100g⁻¹) para o estágio V (195,85 mg.100g⁻¹). Silva et al. (2012) realizando a caracterização físico-química de frutos de noni em três estádios de maturação, observou uma redução de 385,16 mg.100g⁻¹ para 101, 41 mg.100g⁻¹ com o avanço da maturação. Iloki Assanga et al. (2013) estudando os efeitos da maturação em frutos de noni encontrou valores médios de 75,6 mg.100g⁻¹ a 182,42 mg.100g⁻¹ para os estádios de maturação I a IV, resultados semelhantes aos encontrados nesta pesquisa.

Para Correia et al. (2011), o noni caracteriza-se como uma excelente fonte de vitamina C, apresentando o dobro do teor presente na laranja que é a fonte mais consumida de vitamina C, um poderoso antioxidante com potencial de oferecer proteção contra algumas doenças e contra os aspectos degenerativos do envelhecimento, com isso os valores encontrados nesta pesquisa são condizentes a teores altos de ácido ascórbico, principalmente para os frutos nos estádios II a IV de maturação.

Os valores de clorofila total do noni decresceram significativamente com o avanço da maturação, sendo iguais estatisticamente apenas entre os estádios I e II, III e IV. Esses valores variaram de 1,64 mg.100g⁻¹ a 0,63 mg.100g⁻¹ para os

estádios I a V, respectivamente. Para os carotenoides totais, observou-se uma variação de 0,83 $\mu\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ a 0,38 $\mu\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ para os estádios I e V respectivamente. Palioto et al. (2015) avaliando a composição centesimal, compostos bioativos e

atividade antioxidante do noni, encontrou um teor de carotenoide de 0,45 $\mu\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$, valor este próximo aos encontrados no presente trabalho.

Tabela 4. Valores médios e desvios padrão para flavonoides, antocianinas e fenólicos de noni colhidas em cinco estádios de maturação.

Estádios de Maturação	Flavonoides ($\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$)	Antocianinas ($\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$)	Fenólicos ($\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$)	Capacidade antioxidante (g polpa.g DPPH ⁻¹)
I	9,76 ^a ± 1,22	0,84 ^a ± 0,07	143,99 ^d ± 13,44	534,49 ^a ± 29,25
II	7,90 ^{ab} ± 0,32	0,92 ^a ± 0,11	182,05 ^{cd} ± 16,42	252,86 ^b ± 10,36
III	6,15 ^b ± 1,52	0,58 ^b ± 0,15	212,25 ^{bc} ± 16,74	137,58 ^c ± 2,81
IV	3,33 ^c ± 0,06	0,23 ^c ± 0,03	262,29 ^a ± 19,96	99,09 ^d ± 0,94
V	3,24 ^c ± 0,03	0,11 ^c ± 0,02	236,29 ^{ab} ± 9,87	99,81 ^d ± 0,61
CV	7,53	0,12	7,37	1,38

Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem entre si ($p < 0,05$). Estádios de Maturação: I = Fruto na maturação fisiológica com coloração verde; II = Fruto com quebra da coloração verde; III = Frutos com tom verde amarelada, com predominância de amarelo; IV = Fruto com coloração amarela esbranquiçada; V = Fruto translúcido acinzentado.

Na Tabela 4 observa-se que houve diferença significativa no conteúdo de flavonoides do noni, apresentando redução com o avanço da maturação, variando de 9,76 $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ (estádio I) a 3,24 $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ (estádio V). Para Palioto et al. (2015) avaliando a composição centesimal, compostos bioativos e atividade antioxidante do noni, o conteúdo de flavonoides encontrado foi de 13,01 $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$, valor este acima do encontrado para o estágio I do presente estudo. Os valores de antocianinas foram iguais estatisticamente entre os estádios I e II, IV e V, sendo os demais significativamente diferentes, com os frutos apresentando uma redução com o avanço da maturação, sendo o valor máximo de 0,92 $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ (estádio II) e o mínimo de 0,11 $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ (estádio V).

Os compostos fenólicos estão relacionados com o sabor, coloração, vida de prateleira e ação do produto como um alimento funcional, fortemente correlacionado com a capacidade antioxidante (CORREIA et al., 2011). Os resultados obtidos dos compostos fenólicos nos mostram o aumento com o avanço da maturação dos frutos, variando de 143,99 $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ (estádio I) para 262,29 $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ (estádio IV). Estes resultados foram superiores e aproximados àqueles apresentados por Chan-Blanco et al. (2007) e por Correia et al. (2011), que obtiveram valores de 51,1 $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ e 216,67 $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$, respectivamente, para a polpa *in natura* de noni. Krishnaiyah et al. (2013) trabalharam com a polpa de noni desidratada e obtiveram um teor de compostos fenólicos de 431,8 $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$.

As diferenças nos valores de teores dos compostos fenólicos, segundo Soares et al. (2008), podem ser influenciadas por diversos fatores, tais quais maturação, espécie, práticas de cultivo, origem geográfica, estágio de crescimento, condições de colheita e processo de armazenamento das frutas. Essas informações estão de acordo com os resultados encontrados por Iloki Assanga et al. (2013), onde o conteúdo fenólico dos frutos de noni variou com os estágios de maturação e as estações climáticas, sendo que os maiores teores foram encontrados nos frutos maduros, o que vem a corroborar com os resultados deste trabalho.

O método para determinação da atividade antioxidante, utilizado neste trabalho, consiste na redução do radical DPPH

(púrpura) que, ao receber um elétron ou um radical hidrogênio, altera sua coloração para amarelo, ficando estável. O desaparecimento da coloração pode ser avaliado pelo decréscimo da absorbância. Quanto menor o valor de EC50 (concentração de extrato em $\text{mg}\cdot \text{mL}^{-1}$ capaz de reagir com 50% do radical presente na solução de DPPH) maior é sua atividade antioxidante, pois será necessária uma menor quantidade de extrato para reduzir 50% do radical livre DPPH. Estudos têm mostrado que para o noni os melhores resultados de atividade antioxidante são obtidos pela captura de radicais DPPH como os realizados por Costa et al. (2013).

Para a capacidade antioxidante do noni podemos observar na Tabela 4 os valores médios, onde exceto os estádios IV e V, apresentaram diferença significativa. Observa-se um aumento desta capacidade com o avanço da maturação, os valores médios variaram de 534,49 g polpa.g DPPH⁻¹ (estádio I) a 99,81 g polpa.g DPPH⁻¹ (estádio V) g de polpa necessária para reduzir cada g de DPPH. A maior atividade antioxidante dos frutos do noni, nos estádios de maturação IV e V, pode estar relacionada com a contribuição do conteúdo dos compostos fenólicos e ácido ascórbico encontrado. Ribeiro et al. (2018) avaliando a atividade antioxidante e compostos fenólicos no noni em cinco estádios de maturação, encontrou valores variando de 192,70 g polpa.g DPPH⁻¹ (estádio I) a 68,03 g polpa.g DPPH⁻¹ (estádio V), valores estes mais eficientes em relação ao presente estudo. No entanto, a avaliação da atividade antioxidante depende, além das características intrínsecas do vegetal, do método de obtenção do extrato, solução extratora, método de determinação, bem como da concentração de compostos com ação antioxidante presentes no material avaliado (MUSA et al., 2011).

CONCLUSÕES

Os frutos de noni apresentaram um aumento nos teores de sólidos solúveis, acidez, relação SS/AT e açúcares solúveis totais de acordo com o avanço da maturação com maior teor de proteína para os frutos no estágio V e lipídios para os frutos no estágio I, o que favorece sua comercialização e consumo. Para

os compostos bioativos presentes, o noni apresentou maior teor de ácido ascórbico no estágio V, clorofila, carotenoides e flavonoides no estágio I, antocianinas no estágio II, compostos fenólicos no estágio IV e capacidade antioxidante aumentando com o avanço da maturação, com destaque para os frutos nos estágios IV e V. Os frutos apresentaram em sua composição, quantidade considerável de compostos biologicamente ativos demonstrando um grande potencial nutricional e funcional, constituindo-se como uma boa fonte de antioxidantes naturais.

REFERÊNCIAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. AOAC, 18th ed. 1015 p. Gaithersburg, 2005.

CHAN-BLANCO, Y.; VAILLANT, F.; PEREZ, A. M.; BELLEVILLE, M.; ZÚNIGA, C.; BRAT, P. The ripening and aging of noni fruits (*Morinda citrifolia* L.): microbiological flora and antioxidant compounds. Journal the Science of Food and Agriculture v. 87, n. 9, p. 1710-1716, 2007.

CORREIA, A. A. S.; GONZAGA, M. L. C.; AQUINO, A. C.; SOUZA, P. H. M.; FIGUEIREDO, R. W.; MAIA, G. A. Caracterização química e físico-química da polpa do noni (*Morinda citrifolia* L.) cultivado no estado do Ceará. Revista Alimentos e Nutrição. Araraquara. v. 22, n. 4, p. 609-615, 2011. [10.7198/geintec.v5i3.689](http://dx.doi.org/10.7198/geintec.v5i3.689)

COSTA, A. B.; OLIVEIRA, A. M. C.; SILVA, A. M. O.; MANCINI-FILHO J. LIMA, A. Atividade antioxidante da polpa, casca e sementes do noni (*Morinda citrifolia* Linn). Revista Brasileira de Fruticultura, v.35, n.2, p.345-354, 2013.

FACHINELLO, J. C.; NACHTIGAL, J. C.; KERSTEN, E. Fruticultura: Fundamentos e Práticas. Pelotas, 176 p. 2008.

FARIA, W. C. S.; BETT, S. C.; SANTOS, C. G. B.; BRASIL, A. S.; GAUTO R. F. G.; BESERRA, A. M. S. S.; OLIVEIRA, A. P. Caracterização físico-química e análise fitoquímica preliminar do fruto noni (*Morinda citrifolia* L.) produzido na cidade de Cuiabá – MT. Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial. v.08, n. 01: p. 1208-1215, 2014.

FARIAS, L. L.; LOSS, R. A.; SILVA, S. S.; PUTON, B. M. S.; CANSIAN, R. L.; GUEDES, S. F. Potencial antimicrobiano e avaliação físico-química da casca, polpa e biomassa do noni (*Morinda citrifolia* Linn). Global Science and Technology, Rio Verde, v.11, n.02, p.247-255, 2018.

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

ILOKI ASSANGA S. B.; LEWIS. L. M.; RIVERA-CASTAÑEDA, E. G.; GIL- SALIDO, A. A.; ACOSTA-SILVA, A. L.; MEZA-CUETO, C. Y.; RUBIO-PINO, J. L. Effect of maturity and harvest season on antioxidant activity,

phenolic compounds and ascorbic acid of *Morinda citrifolia* L. (noni) grown in Mexico (with track change). African Journal of Biotechnology. v. 12, n. 29, p. 4630-4639, 2013.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análises de alimentos. 4ed. São Paulo: IAL, v. 1, 533p, 2008.

KRISHNAIAH, D.; BONO, A.; SARBATLY, R.; ANISUZZAMAN, S. M. Antioxidant activity and total phenolic content of an isolated *Morinda citrifolia* L. methanolic extract from Poly-ethersulphone (PES) membrane separator. Journal of King Saud University - Engineering Sciences, *in press*, 2013. [10.1016/j.jksues.2013.01.002](http://dx.doi.org/10.1016/j.jksues.2013.01.002)

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

LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigment photosynthetic biomembranes. Methods Enzymol. San Diego, v. 148, p. 362-385, 1987.

LIMA, L de O.; SANTOS, R. P dos; REIS, A. A.; PEREIRA, M. C.; VILAR, F. C. R. Índice de Emergência do Noni (*Morinda citrifolia* L.), no submédio do São Francisco. Connepi. 2010. Disponível em: <<http://www.connepi.ifal.edu.br>>, Acessado em: 16/04/12.

MUSA, K. H.; ABDULLAH, A.; JUSOH, K.; SUBRAMANIAM, V. Antioxidant activity of pink-flesh guava (*Psidium guajava* L.): effect of extraction techniques and solvents. Food Analytical Methods, v. 4, n. 1, p. 100-107, 2011.

NASCIMENTO, A. L. C.; SANTOS, A. D. F.; AZEVEDO, H. C.; ANDRADE, C. L.; OLIVEIRA, V. S. Atividade antioxidante do extrato aquoso de noni em diluente para congelamento de sêmen ovino. Boletim de Indústria Animal, Nova Odessa, v. 73, n. 1, p. 68-74, 2016. [10.17523/bia.v73n1p68](http://dx.doi.org/10.17523/bia.v73n1p68).

NASCIMENTO, L. C. S.; RODRIGUES, N. R.; ALVES, M. P. C.; SABAA SRUR, A. U. O.; BARBOSA JUNIOR, J. L.; BARBOSA, M. I. M. J. Chemical characterization nutritional aspects and antioxidant capacity of noni (*Morinda citrifolia* L.) produced in northeastern Brazil. International Food Research Journal, v. 25, p. 870-875, 2018.

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

RIBEIRO, I. A.; SILVA, S. S.; GUEDES, S. F.; LOSS, R. A.; CARVALHO, J. W. P. Avaliação da atividade antioxidante e de compostos fenólicos totais na biomassa do noni (*Morinda*

citrifolia Linn) em cinco estádios de maturação. Revista exacta, Belo Horizonte, v. 11, n. 2, p. 1-8. (2018). Editora UniBH. [10.18674/exacta.v11i2.2268](https://doi.org/10.18674/exacta.v11i2.2268).

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. et al. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. Comunicado Técnico. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. v. 127, 4p., 2007.

SILVA, L. R.; MEDEIROS, P. V. Q.; LEITE, G. A.; SILVA, K. J. P.; MENDONÇA, V.; SOUSA, J. A. Caracterização do fruto de noni (*Morinda citrifolia* L.). Horticultura Brasileira v. 27, p. 267-271, 2009.

SILVA, L. R.; MEDEIROS, P. V. Q.; LEITE, G. A.; SILVA, K. J. P.; MENDONÇA, V.; SILVA, G. G. Caracterização do fruto de *Morinda citrifolia* L. (noni). Revista Cubana de Plantas Medicinales, v. 17, n. 1, p. 93 - 100. 2012.

SOARES, M.; WELTER, L.; KUSKOSKI, E. M.; GONZAGA, L.; FETT, R. Compostos fenólicos e atividade antioxidante da casca de uvas Niágara e Isabel. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 30, n. 1, p. 59-64, 2008. [10.1590/S0100-29452008000100013](https://doi.org/10.1590/S0100-29452008000100013).

YENM, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. Biochemical Journal. v. 57, p. 769-773, 1954.