

Artigo Científico

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL BIOATIVO DO MAXIXE (*CUCUMIS ANGURIA* L.) FRENTE ÀS DOENÇAS CRÔNICAS NÃO TRANSMISSÍVEIS

Evaluation of Gherkin's (*Cucumis anguria* L.) bioactive potential against non-communicable chronic diseases)

Fabricio Felipe dos Santos^{1*}, André Victor Oliveira Avellar², Victória Barros dos Santos², Vivian de Almeida Silva²

¹ Faculdade de Farmácia – Universidade Federal do Rio de Janeiro – Brasil

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro – *Campus* Rio de Janeiro, Brasil

Submetido em: 01.03.2021; Aceito em: 23.06.2021; Publicado em: 20.09.2021.

***Autor para correspondência:** fabriciofelippe002@gmail.com

Resumo: Um dos principais problemas de saúde para o ser humano são as Doenças Crônicas Não Transmissíveis (DCNTs), que promovem a deterioração da saúde de forma progressiva e multifatorial. Estas correspondem a um conjunto de doenças, como cardiovasculares, Diabetes Mellitus e Alzheimer, sendo responsáveis por cerca de 70% de todas as mortes no mundo. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo o estudo do fruto maxixe (*Cucumis anguria* L.), buscando a caracterização de suas propriedades químicas e nutricionais, analisando possíveis potenciais farmacológicos a partir da quantificação dos metabólitos e micronutrientes. Primeiramente, as amostras do fruto foram extraídas via aparelho *shaker*, utilizando o solvente etanol P.A. Posteriormente, foi possível realizar a quantificação de compostos fenólicos — utilizando um Espectrofotômetro UV-VIS — que apontaram concentrações de 2,842mg e 1,919mg de compostos fenólicos por grama do fruto com e sem casca, respectivamente. Após isso, as amostras de casca e da polpa do fruto foram levadas à análise via Espectrometria de massa com plasma indutivamente acoplado (ICP-MS), visando avaliar e quantificar a presença dos micronutrientes existentes. Assim, foram identificados, em maiores concentrações, Ca, Cr, Mg, K e Na na casca deste fruto em comparação com sua polpa. Entretanto, nesta, foi possível observar, em maiores concentrações, a presença de Zn e Mn comparado com a casca. Ademais, foram identificados outros 12 micronutrientes, presentes em baixas concentrações. A partir disto, é possível apontar o maxixe como um fruto promissor no que diz respeito aos mecanismos de homeostasia da pressão arterial, controle glicêmico e prevenção de outras doenças crônicas. Desse modo, o presente trabalho destaca a importância da inserção do maxixe na dieta humana e seu auxílio, de forma complementar, para o tratamento e prevenção das DCNTs.

Abstract: One of the main problems for the human beings' health currently is Chronic Non-communicable Diseases (NCDs), which causes progressive and multifactorial health deterioration. NCDs encompass a set of diseases, such as: cardiovascular ones, Mellitus diabetes and Alzheimer's disease, being the last of them responsible for about 70% of all deaths in the world. Therefore, the present research aimed to study the gherkin (*Cucumis anguria* L.), describing its chemical and nutritional properties as well as analyzing possible potential pharmacological mechanisms through the quantification of metabolites and micronutrients. First, fruit samples were extracted using a shaker apparatus, with ethanol PA as the solvent. Subsequently, it was possible to quantify the phenolic compounds — using a UV-VIS Spectrophotometer —

that indicated the measure of 2,842mg and 1,919mg of phenolics compounds per gram of fruit with and without peel, respectively. After that, the peel and pulp's fruit samples were analyzed through Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) to evaluate and quantify the presence of micronutrients in the samples. As a result, Ca, Cr, Mg, K, and Na were identified at the peel of the fruit in greater concentrations in comparison to its pulp. However, in the pulp, it was possible to observe, in higher concentrations, the presence of Zn and Mn compared to the peel. Furthermore, twelve other micronutrients were identified in lower concentrations. Hence, it is possible to point out gherkin as a promising fruit that can be important to the mechanisms of blood pressure homeostasis, glycemic control, and prevention of other chronic diseases. This way, the present work highlights the importance of inserting gherkin in the human diet and its assistance, in a complementary way, to the treatment and prevention of NCDs.

Palavras-chave: maxixe, doenças crônicas, compostos fenólicos, micronutrientes

Keywords: gherkin, chronic diseases, phenolic compounds, micronutrients.

INTRODUÇÃO

Desde a década de 1960, no Brasil, têm sido observados intensos processos de transição epidemiológica que vêm desencadeando mudanças significativas no perfil das doenças que acometem a população. Tal processo resultou em um novo perfil de morbimortalidade, condicionado à diversidade regional quanto às características socioeconômicas dos indivíduos, bem como seu acesso aos serviços de saúde (SCHRAMM *et al.*, 2004). Assim, ao decorrer do tempo, causam uma série de transtornos econômicos e sociais à vida da população, comprometendo a qualidade de vida (OMS, 2011).

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), as Doenças Crônicas Não Transmissíveis (DCNTs) são aquelas que, além de não serem causadas por microrganismos (vírus, bactérias, parasitas), apresentam um desenvolvimento lento e longa duração, não necessariamente apresentando sintomas iniciais. Ou seja, constituem um dos principais problemas de saúde para o ser humano, correspondendo a um conjunto de doenças, principalmente, doenças cardiovasculares – como a hipertensão – Diabetes Mellitus e doenças degenerativas, como o Alzheimer, causando danos tanto na saúde do paciente quanto em seu aspecto físico, psicoemocional e social, afetando sua qualidade de vida (CAMPOS *et al.*, 2013).

Segundo dados recentes da OMS, essas doenças são responsáveis por cerca de 70% de todas as mortes no mundo, estimando-se 38 milhões de mortes anuais. Além disso, as DCNTs foram responsáveis por cerca de 56,9% das mortes no Brasil no ano de 2017, na faixa etária de 30 a 69 anos (BRASIL, 2019).

O crescimento exponencial de casos de DCNTs pode ser atribuído ao aumento da exposição aos principais fatores de risco para essas doenças tais como a inatividade física, o alcoolismo, o tabagismo, o consumo de alimentos pobres em fibras e nutrientes e, principalmente, vitaminas antioxidantes, assim como o estresse oxidativo das células. Sendo este último provocado por radicais livres, que são átomos ou moléculas, contendo número ímpar de elétrons na sua última camada, o que acarreta uma alta reatividade e instabilidade química para as células. Essas altas concentrações de radicais livres podem levar a alterações importantes na estrutura de moléculas que participam da homeostasia celular, ocasionando perda de função e morte celular (FERREIRA *et al.*, 2007).

No cenário nacional, o consumo de materiais vegetais, tais como frutos, vêm ganhando grande destaque, pois além de comporem a vasta biodiversidade brasileira e contribuírem para a valorização da flora nacional possuem em sua composição, moléculas ativas que apresentam atividades farmacológicas, além de micronutrientes que exercem um papel de relevância na manutenção da homeostase do organismo,

proliferação e diferenciação celular, função imune, proteção contra o estresse oxidativo, além de exercer papel importante na prevenção de doenças (VEIGA *et al.*, 2005). Um estudo (BASHO & BIN, 2010) aponta que muitos alimentos funcionais, como os frutos, apresentam em sua casca e polpa metabólitos secundários e micronutrientes importantes para o tratamento e prevenção de doenças, podendo reduzir os danos consequentes dessas DCNTs (RIBEIRO & SERAVALLI, 2007). Dentre estes metabólitos, destacam-se os compostos fenólicos, como flavonoides e taninos, além de grupamentos terpênicos como os carotenóides. Estudos evidenciam ação destas moléculas como antioxidantes (SIMÕES *et al.*, 2001), combatendo os radicais livres, além de possuírem atividade antimicrobiana e moduladora do sistema imune, ação anti-inflamatória, analgésica, regenerativa de cartilagens e proporcionar vasodilatação (CHEN *et al.*, 2005; FERNANDES *et al.*, 2006).

Entretanto, apesar de todos os benefícios supracitados, segundo a OMS, o estado de carência de nutrientes pode estar tanto relacionado com problemas metabólicos de absorção e degradação, como pelo consumo alimentar inadequado, sendo considerado um dos dez principais fatores de risco para toda a carga de doenças no mundo (LEÃO & SANTOS, 2012). E, nesse cenário, dados da OMS revelam que cerca de 2 bilhões de pessoas são acometidas com deficiência subclínica de micronutrientes (PAULINO, 2017; ARAUJO & CAMPO, 2008). Assim, estudos envolvendo a temática em questão são cada vez mais necessários.

Nesse contexto, é possível citar o maxixe (*Cucumis anguria L.*), um vegetal pertencente à família das Cucurbitáceas, sendo seus frutos bem característicos, com casca verde e pequenos espinhos moles e não pontiagudos, além de possuírem diversos compostos potentes. Dentre eles, é possível citar os compostos fenólicos, alcaloides etc. (CHUNG *et al.*, 2017), cujas principais propriedades farmacológicas foram supracitadas.

Analisando dados do ano de 2010 obtidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), dentre o cenário populacional brasileiro, o consumo da hortalíça em questão ainda é considerado muito baixo, tendo sua aquisição domiciliar sofrido significativa redução quando comparado com a década anterior à pesquisa. Além disso, como evidenciado (YOON *et al.*, 2015) o maxixe, em suas diferentes partes, pode apresentar metabólitos essenciais e importantes atividades relacionadas ao combate de radicais livres e organismos patogênicos, tendo grande relevância terapêutica e bioquímica. Contudo, segundo conclusões do próprio autor, muitos estudos estão voltados somente para a estrutura axial da raiz da hortalíça e não ao seu fruto que é a parte mais consumida do vegetal pela população em geral, segundo IBGE, sendo necessário estudos cujo foco seja o fruto.

Assim, tal trabalho teve como objetivo realizar uma avaliação da composição química e nutricional do fruto maxixe a partir da análise e quantificação de micronutrientes e quantidade de compostos com atividade antioxidante, presentes tanto em sua casca quanto na sua polpa, realizando uma análise comparativa.

MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de *Cucumis anguria L.* foram adquiridas em mercados na cidade do Rio de Janeiro e transportadas íntegras para o Laboratório de Farmácia do IFRJ, *campus* Rio de Janeiro, onde foram mantidas sob congelamento até o momento da produção do extrato e realização das análises.

Preparo do material vegetal e extração

O preparo dos extratos, utilizando o fruto, foi feito a partir de protocolo já existente no laboratório. Segundo este, foram utilizados frutos com casca e sem casca, cortados em pequenos pedaços, visando o aumento da superfície de contato com o solvente extrator. As proporções utilizadas foram, respectivamente, 25g em 120 mL de etanol e 45 g em 150 mL de etanol. O sistema foi levado à incubadora de movimento *shaker* à 40°C com 39 rpm por um período aproximado de 4 horas. Após o tempo de extração, o material foi filtrado e armazenado em frascos âmbar que ficaram em geladeira a uma temperatura de 10°C. Nesse contexto, é importante destacar que fatores como temperatura e velocidade de rotação durante a extração foram precisamente controlados, assim como a quantidade de massa e solvente utilizados, para melhor extração dos componentes químicos presentes no material vegetal utilizado.

Quantificação dos compostos fenólicos totais

Para quantificação de compostos fenólicos totais, empregou-se o reagente de *Folin-Ciocalteu*. O método empregado baseia-se na redução pelos fenóis em meio alcalino, do fosfomolibdato-fosfotungstato a molibdênio, cuja coloração predominante é a azul. Em sua composição, é encontrada uma mistura de sais de molibdato e tungstato, dentre outros reagentes. No teste, o grupo fenólico deve estar na forma de fenolato, a fim de que os íons molibdato e tungstato sejam reduzidos produzindo coloração azulada (as moléculas oxidadas são posteriormente decompostas em pH alcalino). Devido a isso, fica justificável que a intensidade da coloração azul presente no momento do ensaio seja diretamente proporcional ao número de hidroxilas ou de grupos potencialmente oxidáveis (ANGELO & JORGE, 2007).

Com os respectivos extratos de maxixe, foi realizada a quantificação dos componentes fenólicos totais presentes. Para a construção da curva de calibração, foi preparada uma solução aquosa contendo 30 mg/100 mL de ácido gálico. Alíquotas de 1, 5, 10, 15, 20 e 25 mL foram retiradas e avolumadas em balões de 50 mL, obtendo concentrações finais de 6, 30, 90, 120 e 150 µg/mL. A cada balão foi adicionado 100 µL de *Folin-Ciocalteu* 2N diluído em água 1:10. Após 8 min, foi adicionado 400 µL de Na₂CO₃ 4%. Depois de 20 min em banho-maria a 50°C as amostras foram mantidas ao abrigo de luz por 30 minutos para serem analisadas pelo espectrofotômetro UV-Vis em 740 nm. Através da curva de calibração, foi avaliado o teor de compostos fenólicos totais nos extratos. Amostras de 100 µL foram retiradas dos extratos etanólicos e adicionadas a 500 µL de *Folin-Ciocalteu* 2N diluído em água 1:10. Decorridos 8 minutos, foi adicionado 400 µL de Na₂CO₃ 4%. Depois de 20 min em banho-maria a 50°C as amostras foram mantidas ao abrigo de luz por 30 minutos e foram analisadas pelo espectrofotômetro citado. Os valores obtidos foram convertidos pela curva de calibração de ácido gálico e normalizados pelas concentrações dos extratos, sendo o teor expresso por grama de maxixe.

Identificação e quantificação dos micronutrientes a partir da técnica espectrometria de massas com plasma indutivamente acoplado (icp-ms)

A técnica de ICP-MS apresenta como principal vantagem a possibilidade de analisar, simultaneamente, uma vasta quantidade de elementos de forma rápida, aliada à sua alta sensibilidade. Em sua operação, utiliza-se como fonte de ionização um plasma de argônio de alta energia e, como detector, um espectrômetro de massa de alta ou baixa resolução. A espectrometria de massas é uma técnica analítica de grande importância, pois, a partir dela, é possível realizar a separação de espécies iônicas pela razão entre a massa e carga do íon (m/z).

Sua capacidade de identificação é utilizada tanto para íons de elementos compostos simples quanto para moléculas que apresentam uma maior complexidade molecular (SKOOG *et al.*, 2002).

Para definição dos comprimentos de onda no ICP, foram testadas, inicialmente, todas as possibilidades disponibilizadas pelo aparelho, tanto no plano de visão axial quanto no plano radial. Procedeu-se então, para cada elemento, o traçado do espectro de uma solução contendo apenas a espécie química a ser determinada, a fim de identificar e ajustar o pico de emissão do elemento.

Realizada a calibração do equipamento, primeiramente, fez-se a leitura do branco, uma amostra contendo o solvente etanol PA (C₂H₅OH), a fim de verificar possíveis interferências espectrais e, se possível, minimizá-las. Após os ajustes, fez-se a leitura da curva de calibração. Posteriormente, foi realizado o preparo das amostras, a partir de diluições seriadas dos extratos em proporções 10x e 100x. Após as diluições, as amostras foram levadas à análise. Todos os testes foram realizados em triplicatas, visando garantir confiabilidade aos resultados. Pelo equipamento estar acoplado a um Espectrômetro de Massas, além da identificação, foi possível realizar a quantificação deles. Por fim, como gás carreador para a análise, utilizou-se o argônio.

Análise estatística e tratamento de dados

Os dados obtidos para curva de calibração foram analisados pelo teste do valor extremo (Grubbs), assumindo como valor de significância $\alpha = 0,05$, para verificar, assim, a existência de possíveis *outliers*. Em ambas as análises experimentais – compostos fenólicos e micronutrientes – os dados obtidos foram tratados estatisticamente pelo *t-student test* ($\alpha = 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Compostos fenólicos totais

O gráfico 1 contempla a curva de calibração de ácido gálico que foi utilizada para a quantificação de compostos fenólicos totais (VEBER *et al.*, 2015). É observado um modelo de curva linear expresso pela equação $y = 0,0064x + 0,0411$, onde y se refere a absorbância e x as concentrações em $\mu\text{g/mL}$. O R² expressa que os dados mostram uma correlação linear de 99,4%.

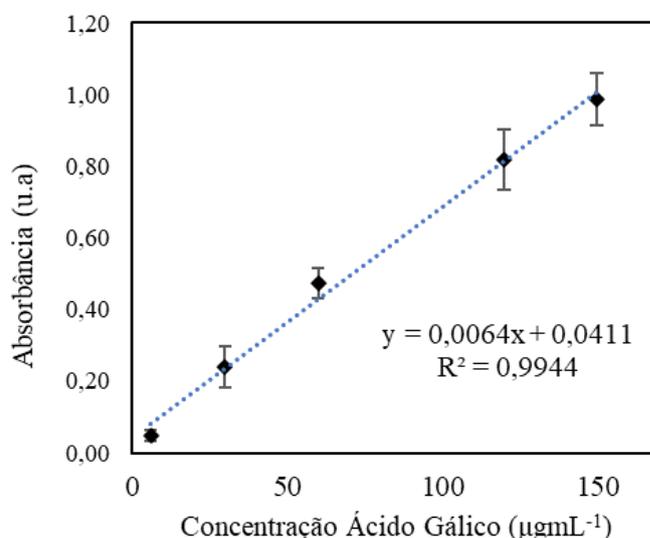


Gráfico 1: Curva de calibração com ácido gálico.

As análises, em triplicata, foram tratadas pelo teste do valor extremo, assumindo como valor de significância $\alpha = 0,05$. Nenhum valor encontrado na curva de calibração foi descartado.

Os resultados demonstrados no gráfico 2 apontam a concentração de 2841,986 μg de compostos fenólicos totais por grama de maxixe com casca (2,842 mg/g) e 1918,903 μg de compostos fenólicos totais por grama de maxixe sem casca (1,919 mg/g).

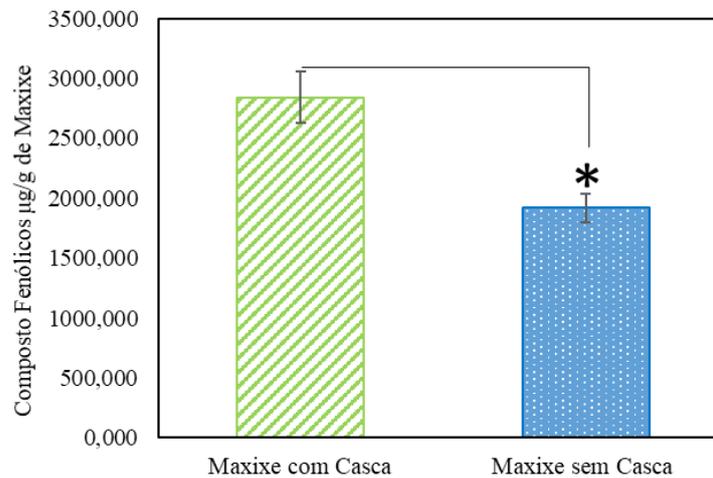


Gráfico 2: Concentração de compostos fenólicos totais presentes no maxixe.

As concentrações foram analisadas pelo *t-student test* e os resultados apontaram, com 95,0% de confiança, que há diferença significativa (*) nas médias dos teores de compostos fenólicos totais nos extratos com casca e sem casca ($p\text{-value} = 0,007$). A partir da curva obtida e da determinação do teor de compostos fenólicos presentes nas amostras de maxixe com e sem casca, é possível afirmar que esses correspondem, respectivamente, a 0,284% e 0,192% da massa do fruto.

Portanto, as análises estatísticas feitas pelo *t-student test* evidenciaram a diferença significativa nas médias dos teores de compostos fenólicos totais nos extratos com casca e sem casca. É importante pontuar que os dados levam em consideração a massa pesada para cada extrato e, portanto, permitem a comparação direta. Desta forma, pode-se dizer que realizar o extrato do maxixe com a casca representa um aumento de 48,1% na quantidade de compostos fenólicos.

Outros estudos foram encontrados na literatura, apresentando diferentes métodos de extração para posterior quantificação de compostos fenólicos como uso de banho-maria (MORETONI, 2008), extração via agitador magnético (PEREIRA *et al.*, 2010), banho-maria seguido de ultrassom (CAPELA *et al.*, 2014). É importante destacar que diferenças no método de extração podem resultar em teores variados dos metabólitos secundários, assim como a data, localização da colheita do maxixe e parte do vegetal empregada.

Identificação e quantificação dos micronutrientes

A partir da análise dos micronutrientes utilizando a técnica de espectrometria de massa com plasma indutivamente acoplado (ICP-MS), foram identificados 17 principais micronutrientes presentes em concentrações detectáveis pelo equipamento nas amostras de casca de maxixe e maxixe sem casca (polpa) e 4 elementos com concentrações não detectáveis – ferro, cobalto, astato e selênio.

O extrato da casca do maxixe a ser trabalhado, a partir desta etapa, foi o diluído em 10x, enquanto para a polpa, o extrato 100x diluído. Isto se deve ao fato de terem sido detectadas maiores concentrações desses elementos nas amostras escolhidas.

Analisando os resultados obtidos, foi-se observado grandes quantidades de cálcio, cromo, magnésio, potássio e sódio, presentes em ambos os extratos avaliados. Os valores de suas concentrações, em partes por milhão (ppm), estão expressos na tabela 1.

Todos os resultados dessa análise foram tratados estatisticamente a partir do *t-test*, sendo observado, com 95% de significância, uma variação significativa (*) entre todos os micronutrientes que foram encontrados em quantidades expressivas no maxixe, como consta na tabela acima. Além disso, foi observado que todos os micronutrientes foram encontrados em maior concentração na casca. Essa análise está representada no gráfico abaixo (Gráfico 3).

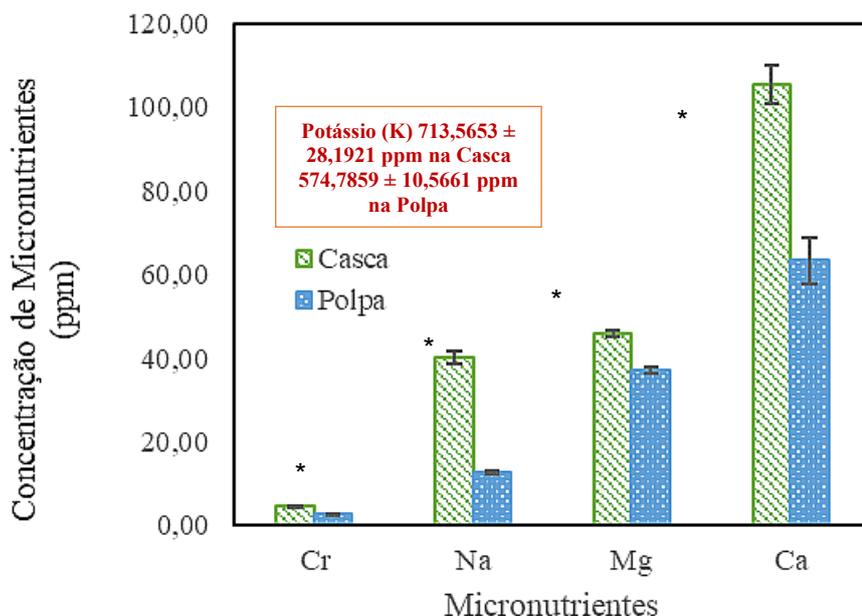


Gráfico 3: Micronutrientes encontrados em maior concentração nas amostras de maxixe.

Além disso, foi evidenciada a presença de outros micronutrientes que se apresentaram em menores concentrações nos extratos analisados. Estes, assim como suas respectivas concentrações encontradas nas amostras, estão expressos na tabela 1.

Tabela 1: Concentração dos micronutrientes menos abundantes nas amostras de maxixe.

Micronutrientes Menos Encontrados					
Elementos	Somente Casca (ppm)	Desvio	Somente Polpa (ppm)	Desvio	P-value
V	0,0071 ^(*)	±0,0002	0,0039	±0,0001	0,01793
Sr	0,0141 ^(*)	±0,0014	0,0097	±0,0003	0,02568
Nb	0,0148 ^(*)	±0,0002	0,0098	±0,0003	0,00070
Ni	0,0501 ^(*)	±0,0015	0,0439	±0,0005	0,01192
Cu	0,0630 ^(*)	±0,0075	0,0327	±0,0005	0,01962
Mn^(b)	0,1434 ^(*)	±0,0141	0,2365	±0,0123	0,00108
Zr	0,3381 ^(*)	±0,0221	0,0847	±0,0059	0,00143
Zn^(b)	0,3909 ^(*)	±0,1196	0,8030	±0,0415	0,01814
Ti^(b)	0,4296 ^(*)	±0,0244	0,6319	±0,0145	0,00075
Sc	0,5503 ^(*)	±0,0480	0,3818	±0,0120	0,02071
B^(a)	0,6084	±0,0934	0,6258	±0,0801	0,08192
Rb	1,5903 ^(*)	±0,0629	1,3281	±0,0236	0,00127

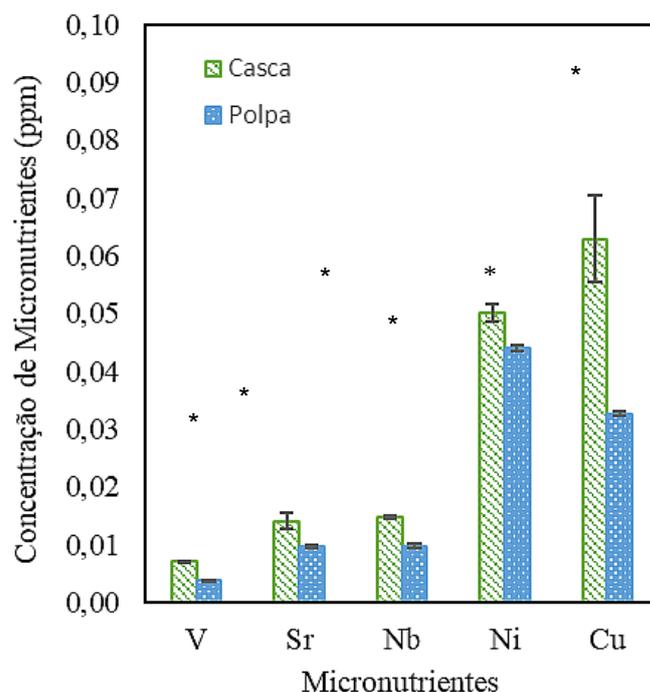
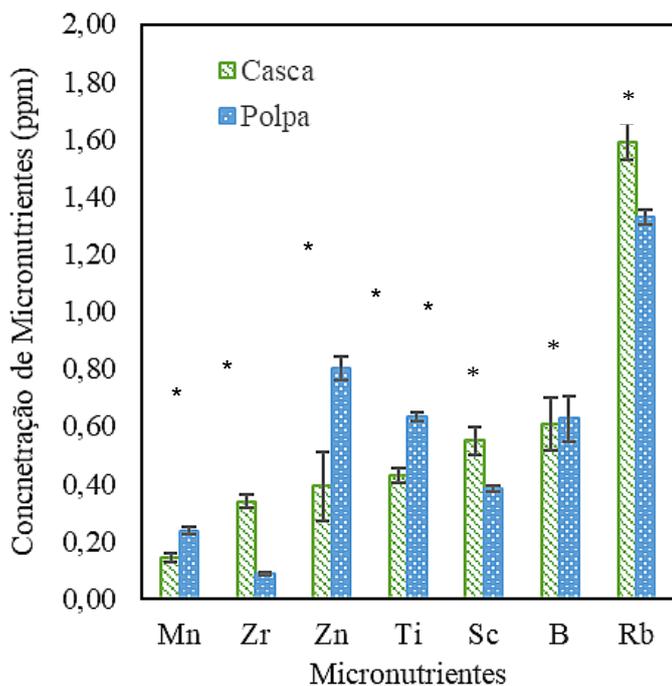
Legenda (*) Diferença Significativa pelo *t-student test*; ^(a) - Boro (B) não apresentou diferença significativa; ^(b) – Manganês (Mn), Zinco (Zn) e Titânio (Ti) demonstram maior concentração na polpa.

Todos os resultados dessa análise foram tratados estatisticamente a partir do *t-test*, sendo observado, com 95% de significância, uma variação significativa entre todos os micronutrientes que foram encontrados em quantidades expressivas no maxixe, como consta na tabela acima, com exceção do boro (*p-value* = 0,8192). Esta análise está representada nos gráficos 4 e 5.

Estudo já reportado na literatura, empregando a técnica de absorção atômica, também identificou os elementos cálcio, magnésio, molibdênio e níquel (MORETONI, 2008).

Os dados nutricionais apresentados pela Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (NEPA, 2011; SOUSA *et al.*, 2015), corroboram com o resultado deste estudo que apontou o potássio como o micronutriente mais encontrado, seguido por cálcio, magnésio e sódio.

Nos gráficos 4 e 5 ainda é possível observar que nem todos os micronutrientes estão mais presentes na casca. Manganês, zinco e titânio, demonstram concentrações mais significativas na polpa ao invés da casca.



Gráficos 4 e 5: Micronutrientes encontrados em menor concentração nas amostras de maxixe.

PROPRIEDADES BIOATIVAS

Componentes fenólicos

A partir da análise e evidência da presença de compostos fenólicos presentes na amostra, destaca-se o possível potencial antioxidante que o fruto pode vir a apresentar, elevando a importância da inserção deste, na dieta humana, visando combater o estresse oxidativo e, assim, auxiliar na prevenção e tratamento das DCNTs. Os compostos fenólicos extraídos das raízes do maxixe apresentaram atividade antioxidante (YOON *et al.*, 2015).

Micronutrientes

A partir dos elementos e micronutrientes identificados e quantificados através do ICP-MS, foi possível estabelecer relações acerca de suas principais funções bioquímicas e metabólicas para o tratamento e prevenção das DCNTs, assim como a promoção do incentivo à inserção do fruto maxixe na dieta da população.

Como evidenciado nos resultados, foram selecionados alguns micronutrientes que, segundo a literatura, possuem qualquer associação com algumas DCNTs, tais como hipertensão, *Diabetes mellitus*, dentre outras.

Por apresentar em sua composição cálcio, magnésio, potássio e sódio o maxixe mostra-se promissor para o tratamento e prevenção de doenças cardiovasculares, como a hipertensão. Isto, pois o cálcio auxilia e atua na regulação dos batimentos cardíacos, além de reduzir os níveis de sódio quando em altas concentrações – tendo papel importante na homeostasia da pressão arterial (PA) (BLOOM *et al.*, 2015). Assim, este se mostra essencial em todas as faixas etárias, não só por atuar na formação de ossos e dentes, mas também por regular a coagulação e participar de funções neuromusculares (CARVALHO, 1999). O potássio atua na diminuição da PA por meio do aumento da natriurese e diminuição de neurotransmissores adrenérgicos, como a norepinefrina, sendo essencial para a função cardíaca e contração do músculo esquelético (FONSECA *et al.*, 2015).

Estudos evidenciam e comprovam o papel do magnésio como um bloqueador de canais de cálcio, podendo contribuir para redução da liberação de cálcio e, assim, reduzir a resistência vascular, atuando como vasodilatador (SONTIA & TUYZ, 2007; CUNHA *et al.*, 2011). Ademais, o sódio é vital para a manutenção de importantes funções do organismo como a transmissão de informações entre células nervosas, desencadear a contração muscular e controlar a pressão arterial. (WHO, 2012).

Em outro aspecto, o consumo do fruto em questão se mostra interessante para a homeostasia e controle glicêmico para indivíduos portadores de diabetes. A presença de cromo, evidencia o papel importante do maxixe para a manutenção do equilíbrio glicêmico e lipídico, visto que este potencializa os efeitos da insulina, facilitando a ligação dessa molécula com seu receptor no tecido-alvo, amplificando a sinalização celular de insulina no metabolismo da glicose (GOMES *et al.*, 2005).

Além disso, o magnésio desempenha papel fundamental no metabolismo da glicose, na homeostase insulínica e glicêmica. Desse modo, ambos elementos, que possuem importância metabólica e homeostática, apresentam grande relevância para indivíduos portadores de diabetes, podendo, o fruto, se apresentar benéfico para o tratamento e controle da *Diabetes mellitus*.

Ao analisar a polpa do fruto maxixe, foi possível observar que esta apresentou maior concentração de zinco e manganês em comparação à casca. A carência de zinco no organismo tem impacto no aumento dos índices de mortalidade infantil e na incidência de diarreia em crianças (BENOIST *et al.*, 2007). O manganês é essencial para o bom funcionamento da tireoide e desempenha função na cicatrização de feridas (SOLDIN & ASCHNER, 2007; MARROTTE *et al.*, 2010).

Os micronutrientes encontrados no maxixe possuem associação com as DCNTs comprovando a importância da sua inclusão na dieta de crianças, adolescentes, adultos e idosos. Por fim, destaca-se que o fruto maxixe não substitui outras fontes de alimentos ricas nos micronutrientes supracitados, tendo o foco do estudo a sua inserção na dieta para auxiliar, de forma complementar, no tratamento e prevenção das DCNTs.

CONCLUSÃO

A partir do exposto, é evidente que o fruto maxixe apresenta em sua composição metabólitos importantes com significativas funções de caráter antioxidante quanto bioquímico, podendo exercer papéis reguladores e relevantes em mecanismos de controle da hipertensão, diabetes, osteoporose, dentre outras DCNTs. É recomendada a inserção do maxixe na dieta humana, podendo auxiliar na prevenção e tratamento das doenças supracitadas.

Este estudo evidenciou maior teor de compostos fenólicos no fruto com casca comparado ao sem casca. E, ao realizar a análise dos micronutrientes presentes na casca, estes se mostraram mais abundantes nesta parte do fruto do que na polpa. Desse modo, o resíduo gerado comumente pelas cascas converge com os resultados para a tendência de uma química verde, no qual estes resíduos podem ser reaproveitados.

Por fim, esse trabalho comprovou a importância de uma alimentação saudável e balanceada a partir da ingestão e consumo de alimentos funcionais – nesse caso o maxixe – para melhora da qualidade de vida dos indivíduos.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal do Rio de Janeiro, pelo espaço e apoio cedido para realização dos procedimentos experimentais e crescimento do projeto.

À Universidade Pontifícia Católica do Rio de Janeiro e aos profissionais do Laboratório de Análise Instrumental pelo auxílio e apoio para utilização do equipamento ICP-MS e à Professora Alessandra Licursi Maia Cerqueira da Cunha por ter disponibilizado o seu tempo e conhecimento.

Aos docentes da Instituição por contribuírem para o desenvolvimento dos conhecimentos técnicos na área estudada;

À Professora Dr. Ana Luísa Palhares Miranda (UFRJ) por ter sido um grande incentivo para execução do trabalho em suas etapas iniciais.

REFERÊNCIAS

- ANGELO, PM; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos – uma breve revisão. **Revista Instituto Adolfo Lutz** 66(1), 232-240, 2007.
- ARAUJO, ACT; CAMPOS, JADB. Subsídios para a avaliação do estado nutricional de crianças e adolescentes por meio de indicadores antropométricos. **Alim. nutr.** 19(2), 219-225, 2008.
- BASHO, SM; BIN, MC. Propriedades dos alimentos funcionais e seu papel na prevenção e controle da hipertensão e diabetes. **Interbio** 4(1), 48-58, 2010.
- BENOIST, B; DARNTON-HILL, I; DAVIDSSON, L; FONTAINE, O; HOTZ, C. Conclusions of the Joint WHO/UNICEF/IAEA/IZiNCG Interagency Meeting on Zinc Status Indicators. **Food and Nutrition Bulletin** 28(3), 480-484, 2007.
- BLOOM, MIT; SANTOS, TMP; ATAIDE-SILVA, T; VASCONCELOS, SML. Ingestão de vitaminas e minerais em uma amostra de hipertensos de um município da região nordeste do Brasil. **Rev. Bras. Nutr. Clin.** 30(2), 154-158, 2015.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Boletim Epidemiológico 40. **Secretaria de Vigilância em Saúde** 50 (40), 2019.
- CAMPOS, MO; NETO, JFR; SILVEIRA, MF; NEVES, DMR; VILHENA, JM; OLIVEIRA, JF; MAGALHAES, JC; DRUMMOND, D. Impacto dos fatores de risco para doenças crônicas não transmissíveis na qualidade de vida. **Ciência Saúde Coletiva** 18(3), 873-882, 2013.
- CAPELA, AP; SANTANA, RO; SOBRINHO, ISB; PORFIRIO, MCP; GONÇALVES, MS; SANTOS, IA; CORREIA, KS; TRINDADE, LRSCL; SANTANA, GA; SILVA, MV. Teores de Fenóis Totais e a Capacidade Antioxidante em Maxixe (Cucumis Anguria L.). **54º Congresso Brasileiro de Química - Química e Sociedade: Motores da Sustentabilidade**. Rio grande do Norte, 2014.
- CARVALHO, PRC. Medicina Ortomolecular: um guia completo sobre os nutrientes e suas propriedades terapêuticas. 4. ed. Rio de Janeiro: **Nova Era**, 1999.
- CHEN, H; ZHANG, M; XIE, B. Components and antioxidant activity of polysaccharide conjugate from green tea. **Food Chemistry** 90(1-2), 17- 21, 2005.
- CHUNG, I; RAJAKUMAR, G; GOMATHI, T; PARK, SK; KIM, SH; THIRUVENGADAM, M. Nanotechnology for human food: Advances and perspective. **Frontiers in Life Science** 10(1), 63-72, 2017.
- CUNHA, AR; UMBELINO, B; CORREIA, M; NEVES, MF. Estudos do magnésio sobre a estrutura e função vascular. **Brazilian Journal of Health and Biomedical Sciences** 10(3), 2011.
- FERNANDES Jr, A; LOPES, MMR.; COLOMBARI, V; MONTEIRO, ACM; VIEIRA, EP. Atividade antimicrobiana de própolis de Apis mellifera obtidas em três regiões do Brasil. **Ciência rural** 36(1), 294-297, 2006.

- FERREIRA, F; FERREIRA, R; DUARTE, J. Stress oxidativo e dano oxidativo muscular esquelético: influência do exercício agudo inabitual e do treino físico. **Rev. Port. Cien. Desp.** 7(2), 257-275, 2007.
- FONSECA, R; ZAMITH, TP; MACHADO, VR. Relações entre o potássio da dieta e a pressão arterial. **Revista Brasileira de Hipertensão** 22(1), 9-12, 2015.
- GOMES, MR; ROGERO, MM; TIRAPÉGUI, J. Considerações sobre cromo, insulina e exercício físico. **Rev. Bras. Med. Esporte** 11(5), 262-266, 2005.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Pesquisas de orçamentos familiares 2008-2009: aquisição alimentar domiciliar per capita. 1st ed. Rio Janeiro: **IBGE**, 2010.
- LEÃO, AL. M; SANTOS, LC. Consumo de micronutrientes e excesso de peso: existe relação? **Rev. Bras. Epidemiol.** 15(1), 85-95, 2012.
- MARROTTE, E; CHEN, D; HAKIM, JS; CHEN, AF. Manganese superoxide dismutase expression in endothelial progenitor cells accelerates wound healing in diabetic mice. **J. Clin. Invest.** 120(12), 4207-4219, 2010.
- MORETONI, CB. Avaliação Fitoquímica e das atividades Antioxidantes, Citotóxicas e Hipoglicemiantes dos frutos de *Cucumis anguria* L. (Cucurbitaceae). Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba/PR, 2008.
- NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM ALIMENTAÇÃO (NEPA). Tabela Brasileira de Composição de Alimentos, 4th ed. rev. e ampl. Campinas: **NEPA-UNICAMP**, 2011.
- ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). Diminuindo diferenças: a prática das políticas sobre determinantes sociais da saúde. **Documento de discussão**, 2011.
- PAULINO, AH. Fatores associados ao estado nutricional do ferro em crianças brasileiras de 4 a 7 anos de idade. **Rev. Nutr. [online]** 30(3), 345-355, 2017
- PEREIRA, DV.; FERREIRA, AV.; SILVA, FLV.; NASCIMENTO, FF; RODRIGUES, GC; SILVA, VLV; NASCIMENTO, FF.; RODRIGUES, GC.; SILVA, JN.; VIEIRA, LM.; LIMA, A. Capacidade antioxidante e fenólicos totais de maxixe (*Cucumis anguria* L.). **V CONNEPI-2010** 1, 1 - 6, 2010.
- RIBEIRO, EP; SERAVALLI, EAG. Química de Alimentos. 2nd rev. ed. São Paulo: Blucher; 2007.
- SCHRAMM, JMA; OLIVEIRA, AF; LEITE, IC; VALENTE, JG; GADELHA, AMJ; PORTELA, MC; CAMPOS, MR. Transição epidemiológica e o estudo da carga de doença no Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva** 9(4), 897-908, 2004.
- SIMÕES, CMO; SCHENKEL, EL; GOSMANN, G; MELLO, JCP; MENTZ, LA; PETRORICK, PR. Farmacognosia da planta ao medicamento. 3rd ed. Porto Alegre: **UFRGS Editora**; 2001.
- SOLDIN, OP; ASCHNER, M. Effects of manganese on thyroid hormone homeostasis. **Neuriticology**, 28(5), 951-956, 2007.
- SONTIA, B; TUYZ, RM; Role of magnesium in hypertension. **Arch Biochem Biophys** 458 (1), 33-39, 2007.
- SOUSA, APB., LIMA, FGS, LIMA, A. Propriedades Nutricionais do Maxixe e do Quiabo. **Faculdade Santo Agostinho – Revista Saúde [em foco]** 2, (1), 113-129, 2015.
- SKOOG, DA; HOLLER, FJ; NIEMAN, TM. Princípios de Análise Instrumental. 5th ed. Porto Alegre: **Bookman**; 2002.
- VEBER, J; PETRINI, LA.; ANDRADE, LB; SIVIERO, J. Determinação dos compostos fenólicos e da capacidade antioxidante de extratos aquosos e etanólicos de Jambolão (*Syzygium cumini* L.). **Rev. bras. Plantas med.** 17(2), 267-273, 2015.
- VEIGA Jr, VF; PINTO, AC. Plantas Medicinais: cura segura? **Química Nova** 28, (3), 519-528, 2005.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Guideline: Sodium intake for adults and childrens. Geneva: World Health Organization, 2012.
- YOON, JY; CHUNG, IM. Evaluation of phenolic compounds, antioxidant and antimicrobial activities from transgenic hairy root cultures of gherkin (*Cucumis anguria* L.). **South African Journal of Botany** 100, 80-86, 2015.

