



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE NUTRIÇÃO
DEPARTAMENTO DE ALIMENTOS



Catharina Machado Fernandes

**EFEITO DE DIFERENTES MÉTODOS DE COCÇÃO NO POTENCIAL
ANTIOXIDANTE E NA BIOACESSIBILIDADE DE TAIoba (*Xanthosoma
sagittifolium* Schott)**

Ouro Preto – MG
2020

Catharina Machado Fernandes

**EFEITO DE DIFERENTES MÉTODOS DE COCÇÃO NO POTENCIAL
ANTIOXIDANTE E NA BIOACESSIBILIDADE DE TAIoba (*Xanthosoma
sagittifolium Schott*)**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Universidade Federal de Ouro Preto como
requisito parcial à obtenção do título de
Nutricionista.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Fernanda Guimarães
Drummond e Silva

OURO PRETO – MG

2020

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

F363e Fernandes, Catharina Machado .

Efeito de diferentes métodos de cocção no potencial antioxidante e na bioacessibilidade de taioba (*xanthosoma sagittifolium schott*)

[manuscrito]: potencial antioxidante e bioacessibilidade de taioba. /

Catharina Machado Fernandes. - 2019.

36 f.

Orientadora: Profa. Dra. Fernanda Guimarães Drummond Silva.

Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Nutrição. Graduação em Nutrição .

1. Digestão. 2. Taioba. 3. Antioxidantes. I. Silva, Fernanda Guimarães Drummond. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 612.39

Bibliotecário(a) Responsável: Sônia Marcelino - CRB6/2247



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
REITORIA
ESCOLA DE NUTRICAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ALIMENTOS



FOLHA DE APROVAÇÃO

Catharina Machado Fernandes

Efeito de diferentes métodos de cocção no potencial antioxidante e na bioacessibilidade de taioba (*Xanthosoma sagittifolium* Schott)

Monografia apresentada ao Curso de Nutrição da Universidade Federal
de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Nutricionista

Aprovada em 18 de dezembro de 2019

Membros da banca

Doutorado - Fernanda Guimarães Drummond e Silva - Orientador(a) - Universidade Federal de Ouro Preto
Doutorado - Simone de Fátima Viana da Cunha - Universidade Federal de Ouro Preto
Graduação - Thainá Gomes Peixoto - Universidade Federal de Ouro Preto

[Fernanda Guimarães Drummond e Silva, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 04 de maio de 2021]



Documento assinado eletronicamente por **Fernanda Guimaraes Drummond e Silva, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 04/05/2021, às 17:15, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0167180** e o código CRC **E1BED684**.

Referência: Caso responda este documento, indicar expressamente o Processo nº 23109.004194/2021-42

SEI nº 0167180

R. Diogo de Vasconcelos, 122, - Bairro Pilar Ouro Preto/MG, CEP 35400-000
Telefone: 3135591844 - www.ufop.br

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus que me deu forças desde o primeiro momento e não deixou de me guiar quando mais precisei. Agradeço aos meus pais, Maria de Fátima e Antônio, pelo amor e dedicação, por acreditarem em mim, por todos os sacrifícios feitos, sei que não foram poucos, para que eu pudesse concluir esse curso e também por me ensinarem a importância dos estudos, da família e de me mostrarem como é bom poder voltar pra casa. Ao meu irmão, Felipe, que sempre me incentivou e animou, com seu carinho, bom-humor e vida inteligente na madrugada, sei dos seus esforços e do seu amor, essa vitória é nossa. Ao meu namorado, Alysson, que dia após dia, mesmo a distância, foi meu maior apoiador nessa caminhada, nos momentos mais difíceis esteve ao meu lado, com paciência, me entendendo e me fazendo acreditar que eu chegaria ao final. Aos meus tios, pela ajuda e suporte. Amo muito todos vocês!

Aos meus amigos da vida, que se espalharam por esse mundão, mas que sempre ouviram meus choros, reclamações, pedidos de socorro e por me mostrarem que a amizade verdadeira vai além da distância. Aos colegas de classe da graduação que tornaram essa caminhada mais fácil e mais divertida. Ao grupo “8º período dos i***”, obrigada por me aturarem desde o início e pelos inúmeros trabalhos feitos e perrengues passados, vocês foram essenciais. À Gabriela Q, Mariane Mariana, Priscila, Marianna Gontijo e Laísa, muito obrigada pela parceria, amizade e carinho. À Samantha, pelo amor diário, por ter feito essa faculdade mais fácil de percorrer, pela paciência, pelo apoio, por essa dupla imbatível sempre comigo nas dificuldades e também nas alegrias, sem você não seria possível.

Meu obrigada à Alzira, Andréa e Irene, por serem a minha casa, o meu abrigo em Ouro Preto, vocês não poderiam ter sido melhores.

Gostaria de agradecer aos professores da Escola de Nutrição da Universidade Federal de Ouro Preto, por todo o ensino. Em especial, agradeço a minha orientadora Fernanda, pela confiança, que sempre me auxiliou com muita paciência, compreensão, disponibilidade e carinho, com certeza eu fiz a escolha certa.

Muito obrigada!

*“A maior recompensa para o trabalho do homem não é o que ele ganha com isso,
mas o que ele se torna com isso. “- John Ruskin*

RESUMO

Estudos corroboram que a formação exacerbada de Espécies Reativas de Oxigênio (EROs) e de Nitrogênio (ERNs) têm sido relacionadas à patogênese de diversas doenças crônicas, aterosclerose, diabetes *mellitus*, desordens degenerativas e alguns tipos de câncer. A fim de reduzir o risco dessas doenças, uma dieta rica em frutas e hortaliças aumentaria a quantidade de antioxidantes no organismo e assim diminuiria o efeito negativo das reações deletérias induzidas pela oxidação. Os compostos fenólicos são os mais abundantes antioxidantes advindos da dieta. A taioba muito consumida no interior de Minas Gerais, sendo parte da cultura local, possui capacidade antioxidante ainda pouco estudada. Consumida de diversas formas na alimentação, fez-se necessário portanto estudar o teor de fenólicos totais presentes na folha da taioba, assim como sua atividade antioxidante *in natura* e após a cocção para que fosse possível conhecer o método que melhor preserva os componentes antioxidantes deste alimento. Considerando que além da cocção, o processo gastrointestinal também é capaz de modificar esses teores, é necessário estudar a digestão *in vitro* e como ela interfere na absorção dos compostos e atividade antioxidante. As amostras de taioba foram obtidas em feiras e supermercados locais da cidade de Ouro Preto - MG, sendo uma parte mantida *in natura*, e as outras submetidas a diferentes métodos de cocção, sendo vapor, microondas e refogada e posteriormente liofilizadas para obtenção dos extratos, os quais foram feitos extratos aquosos e etanólicos. A simulação da digestão gastrointestinal foi realizada utilizando NaCl, HCl e pepsina para a fase gástrica; e bicarbonato de sódio, cloreto de cálcio, sais biliares e pancreatina para a fase intestinal. O teor de fenólicos totais foi determinado usando reagente de Folin-Ciocalteu. A atividade antioxidante foi determinada por dois métodos, FRAP e ORAC. Os diferentes métodos de cocção contribuíram para o aumento do teor de fenólicos totais e da capacidade antioxidante nos extratos de taioba. A cocção à vapor foi a que mais elevou o teor de polifenóis e da atividade antioxidante pelos dois métodos, seguida do microondas. As diferenças entre o teor de fenólicos totais e os valores de FRAP e ORAC das amostras cozidas em relação a taioba *in natura* pode ser atribuído a modificação da matriz alimentar provocada pelo cozimento. O extrato etanólico foi o mais adequado para extrair os compostos, sugerindo que os

principais componentes antioxidantes da taioba possuem caráter hidrofóbico e natureza fenólica. Após a digestão, obteve-se maior quantidade de compostos fenólicos assim como atividade antioxidante, corroborando que a digestão atua como extratora de fenólicos. A maior atividade antioxidante em ORAC encontrada após a digestão foi da taioba refogada, seguida da *in natura*. A atividade antioxidante por FRAP não demonstrou os mesmos resultados, portanto dependendo do mecanismo a digestão pode ou não ser benéfica. Esses resultados sugerem que a união da cocção com a digestão parece ser o melhor dos processos para a taioba refogada e o mecanismo preferencial dos compostos fenólicos das folhas da taioba é por transferência de elétrons (ORAC).

Palavras chave: métodos de cocção, digestão *in vitro*, compostos fenólicos, atividade antioxidante.

ABSTRACT

Studies corroborate that the exaggerated formation of Reactive Oxygen Species (ROS) and Nitrogen (RNS) has been related to the pathogenesis of several chronic diseases, atherosclerosis, diabetes *mellitus*, degenerative disorders and some cancers. In order to reduce the risk of these diseases, a diet rich in fruits and vegetables would increase the amount of antioxidants in the body and thus decrease the negative effect of deleterious reactions induced by oxidation. Phenolic compounds are the most abundant antioxidants from the diet. Taioba is an edible species of tropical flowering plant, widely consumed in the countryside of Brazilian Minas Gerais state, and its antioxidant capacity has not been fully studied yet. It can be prepared in different ways, therefore it was necessary to study the total phenolic content present in the leaf of taioba, as well as its antioxidant activity *in natura* and after cooking so that it was possible to know the method that best preserves the antioxidant components of this food. Considering that in addition to cooking, the gastrointestinal process is also capable of modifying these contents, it is necessary to study *in vitro* digestion and how it interferes with the absorption of compounds and antioxidant activity. The samples of taioba were obtained from local fairs and supermarkets in the city of Ouro Preto - MG, part of which was kept fresh, and the others were submitted to different cooking methods, being steamed, microwaved and sautéed and later lyophilized to obtain aqueous and ethanolic extracts. Simulation of gastrointestinal digestion was performed using NaCl, HCl and pepsin for the gastric phase; and sodium bicarbonate, calcium chloride, bile salts and pancreatin for the intestinal phase. Total phenolic content was determined using Folin-Ciocalteu reagent. Antioxidant activity was determined by two methods, FRAP and ORAC. The different cooking methods contributed to the increase of total phenolic content and antioxidant capacity in taioba extracts. Steam cooking was the one that most elevated the polyphenols content and antioxidant activity by both methods, followed by the microwave. The differences between the total phenolics content and the FRAP and ORAC values of cooked samples in relation to fresh taioba can be attributed to the modification of the food matrix caused by cooking. The ethanolic extract was the most suitable to extract the compounds, suggesting that the main antioxidant components of taioba are hydrophobic and phenolic in nature. After digestion, a

higher amount of phenolic compounds was obtained as well as antioxidant activity, corroborating that digestion acts extracting phenolics. The highest antioxidant activity in ORAC found after digestion was the braised followed by the fresh taioba. The antioxidant activity by FRAP did not show the same results, so depending on the mechanism digestion may or may not be beneficial. These results suggest that the combination of cooking with digestion seems to be the best process for sautéed taioba and the preferential mechanism of the phenolic compounds of taioba leaves is by electron transfer (ORAC).

Keywords: Cooking methods, in vitro digestion, phenolic compounds, antioxidant activity.

SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO	8
2- REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1 – Radicais livres e antioxidantes	11
2.2 – Ação antioxidante de compostos fenólicos	13
2.3 – Influência da digestão <i>in vitro</i> sobre os compostos fenólicos	15
2.4 – Taioba (<i>Xanthosoma sagittifolium</i>)	16
3- OBJETIVOS	19
3.1 - Objetivo geral	19
3.2 - Objetivos específicos	19
4- MATERIAIS E MÉTODOS.....	20
4.1- Obtenção da amostra.....	20
4.2- Processos de Cocção	20
4.3.1- Cozimento em micro-ondas	20
4.3.2- Cozimento a vapor	21
4.3.3- Cozimento em óleo	21
4.4- Simulação da digestão gastrointestinal e bioacessibilidade.....	21
4.5- Obtenção dos extratos	22
4.6- Teor de Fenólicos Totais.....	22
4.7- Determinação da Atividade Antioxidante	22
4.7.1- Poder antioxidante de redução do ferro (<i>Ferric Reducing Antioxidant Power</i>) - FRAP	22
4.7.2- Determinação da Capacidade de Absorção de Radicais Oxigênio (ORAC)	23
4.8- Análise Estatística.....	24
5- RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
6- CONCLUSÃO.....	30
7- REFERÊNCIAS.....	31

1- INTRODUÇÃO

Ao longo dos últimos anos houve um aumento no consumo de vegetais, hortaliças e frutas dado a sua relação com a saúde e pela ampla divulgação das recomendações de saúde (FABBRI; CROSBY, 2016). A versão mais recente do Guia Alimentar para a população brasileira recomenda que a base da alimentação deve ser de alimentos *in natura* e minimamente processados. Estes alimentos, além de possuírem elevada densidade nutricional e baixa densidade energética, quando comparado aos alimentos processados e ultraprocessados, ainda possuem diferentes fitoquímicos, muitos dos quais possuem atividade antioxidantes.

Radicais livres são espécies químicas que possuem um ou mais elétrons desemparelhados, são extremamente reativos, apresentam meia-vida curta e baixa concentração no estado estacionário (MARTÍNEZ-CAYUELA, 1995). Esses originam-se continuamente no nosso organismo, durante todos os processos metabólicos e são os principais representantes das Espécies Reativas de Oxigênio (EROs) ou de Nitrogênio (ERNs) no nosso organismo (WICKENS, 2001).

Estudos já corroboram que os radicais livres são conhecidos por contribuírem para as doenças degenerativas do envelhecimento (LERTRAT et al., 2014). Uma dieta rica em frutas e vegetais vem sendo associada a uma diminuição no processo de envelhecimento e risco diminuído de desenvolver inflamação e estresse oxidativo relacionado a doenças crônicas, aterosclerose, câncer, diabetes, catarata, distúrbios de funções cognitivas e doenças neurológicas, incluindo Alzheimer (MURADOR; ROSSO; MERCADANTE, 2016).

Estresse oxidativo ocorre quando há um desbalanço entre EROs e antioxidantes, em favor dos EROs, tornando o organismo susceptível à oxidação (MARTÍNEZ-CAYUELA, 1995; LIMÓN-PACHECO; GONSEBATT, 2009). Os antioxidantes podem conferir proteção à saúde uma vez que fortalecem o sistema de defesa exógena a reduzir o estresse oxidativo, prevenindo a ação danosa das espécies reativas nas macromoléculas, como DNA, proteínas e lipídios (LERTRAT et al., 2014).

Segundo Halliwell e colaboradores (1995), antioxidante é qualquer substância que, quando presente em baixa concentração comparada à do substrato oxidável, regenera o substrato ou previne significativamente a oxidação do mesmo. Os

antioxidantes advém tanto da dieta quanto da produção endógena do organismo (BARREIROS; DAVID; DAVID, 2006). Os provenientes da dieta são os carotenoides, como o β -caroteno, as vitaminas C, E, e os compostos fenólicos. Os endógenos são a glutathione e as enzimas superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT), glutathione peroxidase (GPx) e glutathione redutase (BARBOSA et al., 2010).

A concentração do antioxidante encontrada no alimento, assim como a sua estrutura química, são os responsáveis pela sua bioatividade. Para que seja possível avaliar o teor de fitoquímicos no alimento é preciso levar em conta os fatores genéticos, as condições ambientais, o grau de maturação da planta e sua variedade (ARBOS et al., 2010).

Estudos tem demonstrado que o maior consumo de alimentos que contenham antioxidantes pode fazer com que o sistema de defesa antioxidante do organismo seja expandido. Entretanto nem todos os nutrientes presentes no alimento serão absorvidos e ficarão biodisponíveis para serem metabolizados no organismo em sua totalidade. A biodisponibilidade do nutriente se refere à fração do alimento disponível na corrente sanguínea em quantidades suficientes para ser biologicamente utilizado ou estocado. Já a bioacessibilidade refere-se à fração do nutriente que é liberada da matriz alimentar durante a digestão e se torna disponível para a absorção. Uma das formas de se estudar *in vitro* a bioacessibilidade de um nutriente específico em um alimento é por meio da simulação do processo digestório (FAIRWEATHER; SOUTHON, 2003).

A cocção, processo de aplicação de calor utilizado no preparo de diversos alimentos e preparações, pode melhorar a palatabilidade de alguns alimentos, aumentar a sua digestibilidade, e até reduzir fatores anti-nutricionais, importantes para aumentar a biodisponibilidade de proteínas e minerais presentes na alimentação (PINTO et al., 2001; SOUZA et al., 2019).

Como a maioria dos alimentos consumidos no nosso dia a dia passam por algum processo térmico, é importante entender esse processo pode influenciar na estrutura do alimento assim como na liberação dos compostos bioativos e na redução de fatores anti-nutricionais nele presentes. Um estudo de Chai e Liebman (2005), avaliou o efeito de diferentes métodos de cocção sobre o conteúdo de oxalato em vegetais, demonstrando que a fervura foi mais eficaz do que cozinhar, mas que todos os métodos reduziram o teor de oxalato presente. Em um estudo de Faller e Fialho (2009) foi demonstrado que a cocção de diversos vegetais levava a

alterações no conteúdo de compostos fenólicos, seja aumentando ou diminuindo seus compostos. Perla, Holm e Jayanty (2012) demonstraram que vários componentes bioativos presentes na batata foram reduzidos pelo método de cocção em microondas, enquanto que no método por fervura houve menor perda. Portanto a cocção pode interferir tanto de forma positiva quanto negativa na liberação de compostos fenólicos, uma vez que essa liberação depende do método de cocção empregado em associação com a morfologia da planta e dos componentes nutricionais e não nutricionais presentes nas diferentes espécies de vegetais utilizadas na alimentação (MIGLIO et al., 2008).

Muito consumida no interior de Minas Gerais, a *Xanthosoma sagittifolium*, popularmente conhecida como taioba, faz parte da cultura local e dos pratos regionais deste estado. Uma herbácea perene, considerada uma planta não-convencional, que possui aproveitamento integral na alimentação, consumida as folhas, o talo e o rizoma. É considerada rica em fibras, cálcio, ferro, zinco, magnésio, proteínas, carotenoides, licopeno, clorofila, vitamina A e C (ARAUJO et al., 2019; LIMA; KRUPPEK, 2016; LIMA, 2009).

Consumida de diversas formas no Brasil, a taioba pode ser preparada por diferentes métodos de cocção, dentre os mais comuns estão a cocção refogada, a vapor e no micro-ondas. Esses diferentes tratamentos térmicos podem afetar a estabilidade e a concentração de seus compostos bioativos (SULTANA; ANWAR; IQBAL, 2008).

Diante do exposto, mostra-se a importância de mais estudos acerca dos componentes bioativos da taioba assim como dos efeitos da cocção sobre a atividade antioxidante desta, a fim de melhorar as condições de saúde e sobrevivência da população.

2- REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 – Radicais livres e antioxidantes

Espécies Reativas de Oxigênio (EROs) e de Nitrogênio (ERNs), entre eles os radicais livres, são formados em nosso organismo continuamente, durante os processos metabólicos (ALVES et al., 2010; TARKO, DUDA-CHODAK; TUSZYŃSKI, 2009). Nas diversas reações bioquímicas que ocorrem, esses radicais agem como mediadores para a transferência de elétrons, fundamental para a sobrevivência das células (BARBOSA et al., 2010). Elas estão envolvidas em processos como homeostase e metabolismo das células, mecanismos de defesa do sistema imune, proliferação e sinalização celular, assim como regulação da expressão gênica (HALLIWELL, 2013). Os que mais se destacam em meio biológico são os radicais hidroxila, ânion superóxido, peroxila e óxido nítrico, e as não radicalares oxigênio, peróxido de hidrogênio e ácido hipocloroso (PRIOR, 2015).

Radical livre é uma espécie química de vida curta, que contém um ou mais elétrons desemparelhados no orbital externo, e por isso é altamente reativo devido a sua instabilidade química (MARTÍNEZ-CAYUELA, 1995; WICKENS, 20001; RIBEIRO et al., 2005). Entretanto quando essas espécies estão em excesso, há um desequilíbrio entre compostos oxidantes e antioxidantes, excedendo a capacidade dos antioxidantes de removerem essas espécies, resultando um dano oxidativo potencial contra células e tecidos; perpetuando o estresse oxidativo (LIMÓN-PACHECO; GONSEBATT, 2009; MARTÍNEZ-CAYUELA, 1995; BARBOSA et al., 2010).

Antioxidantes são aqueles que mesmo presente em baixas concentrações quando comparado ao substrato oxidável, é capaz de inibir ou retardar a oxidação do substrato (HALLIWELL et al., 1995). Ou seja, agem antes que ataquem os alvos biológicos nas células (SOUSA et al., 2007).

Essas espécies reativas podem ser geradas na mitocôndria, na membrana celular, no citosol e no retículo endoplasmático. E o seu excesso pode gerar danos em diversas biomoléculas, como nas proteínas, lipídios, carboidratos e DNA

(SOUSA et al., 2007; RIBEIRO et al., 2005).

Estudos tem demonstrado que esse excesso de espécies reativas causa peroxidação dos lipídeos de membrana, agressão às proteínas do tecido, às enzimas, carboidratos e DNA. Por isso, a excessiva produção de EROS e ENOS tem sido associada ao envelhecimento e à patogênese de diversas doenças, como as crônicas, incluindo doenças cardiovasculares, obesidade, Alzheimer, Parkinson, alguns tumores, esclerose múltipla, síndrome da imunodeficiência adquirida (AIDS), entre outras (OKARTER et al., 2010; TARKO; DUDA-CHODAK; TUSZYŃSKI, 2009).

O sistema de defesa antioxidante pode atuar de formas diferentes com antioxidantes advindos tanto de origem endógena, como catalase, superóxido dismutase e peroxidase, quanto advindos da dieta, como micronutrientes do tipo vitamina C (ácido ascórbico), vitamina E (tocoferóis), selênio, e não nutrientes como β -caroteno e polifenóis (SOUSA et al., 2007).

A enzima superóxido dismutase converte o ânion superóxido (ERO) em peróxido de hidrogênio. As enzimas catalase e peroxidase agem impedindo o acúmulo de peróxido de hidrogênio, convertendo-o em água. Essa espécie reativa, mediante a participação de ferro e cobre, culmina na geração do radical OH (hidroxil), que possui potencial reativo e com extrema instabilidade, propenso a danos oxidativos (BARBOSA et al., 2010).

Os antioxidantes podem ser considerados primários ou secundários. Primário é aquele que age diretamente com o radical livre, neutralizando-o ou impedindo sua formação. Secundário é aquele que age em sinergia com outro antioxidante, potencializando o efeito deste para que juntos atuem contra o radical (GOSTNER et al., 2015).

Os antioxidantes agem em três linhas de defesa orgânica contra as espécies reativas. A primeira é a de prevenção, ocorre quando o radical ainda não foi formado, impedindo então sua formação (ROHENKOHL; CARNIEL; COLPO, 2011). A segunda linha ocorre durante a cascata de reações de oxirredução, sequestrando os radicais que irão participar dessas reações, impedindo-as. Esses antioxidantes são chamados de *chain-breaker*. Já a última linha de defesa acontece quando o dano oxidativo já ocorreu, portanto se baseia no reparo de membranas e tecidos (WILLCOX; ASH; CATIGNANI, 2004).

Estudos tem demonstrado que o maior consumo de alimentos, que contenha antioxidantes, pode fazer com que o sistema de defesa antioxidante do organismo

seja expandido. Uma dieta rica em frutas, vegetais, hortaliças, grãos e cereais integrais vem sendo associada a menor risco de injúrias deletérias no organismo.

Dentre os antioxidantes dietéticos, os compostos fenólicos estão amplamente distribuídos na dieta humana e constituem o maior grupo de substâncias bioativas não nutritivas presentes nos vegetais. Entretanto, por possuírem menor atividade intrínseca, variada biodisponibilidade, alta instabilidade e rápida metabolização e eliminação, não são necessariamente os antioxidantes mais potentes do organismo (MANACH et al., 2004).

2.2 – Ação antioxidante de compostos fenólicos

Polifenóis constituem os antioxidantes mais abundantes da dieta (CERQUEIRA; MEDEIROS; AUGUSTO, 2007). Existem aproximadamente 8.000 diferentes compostos fenólicos. Eles são caracterizados como metabólitos secundários das plantas, presentes em frutas, vegetais, hortaliças, grãos, cereais e sementes (DEGÁSPARI; NINA, 2004). A quantidade e a qualidade de polifenóis presentes na planta variam pela genética da planta, do modo de cultivo, composição do solo e as condições as quais a cercam, estado de maturação, estação do ano e condições climáticas (JEFFERY et al., 2003).

Os compostos fenólicos são fitoquímicos e possuem estrutura química de um anel benzênico ligado a uma ou mais hidroxilas e abrangem um grande grupo de substâncias (ácidos fenólicos, flavonoides, estilbenos, cumarinas, taninos e lignanas) (SILVA et al., 2010; ROBBINS, 2003).

Eles são considerados extremamente importantes na morfologia e fisiologia das plantas, uma vez que se destacam por auxiliarem no crescimento e reprodução, conferindo proteção contra predadores e patógenos, assim como defesa contra situações de estresse, como altas temperaturas e radiação ultravioleta. (BALASUNDRAM; SUNDRAM; SAMMAN, 2006). Quando presente em partes comestíveis das plantas eles conferem pigmentação, propriedades antioxidantes e sensoriais, efeito protetor contra insetos e fotoproteção (NACZK; SHAHIDI, 2004).

A literatura atribui a eles uma gama de efeitos biológicos benéficos à saúde como anti-alérgicos, anti-aterogênicos, anti-inflamatório, anti-microbiano, antioxidante, anti-trombótico, cardioprotetivo e efeitos vasodilatadores (BALASUNDRAM; SUNDRAM; SAMMAN, 2006).

As propriedades redutoras e a estrutura química, especificamente o número e a posição dos grupos hidroxila dos compostos fenólicos, é o que confere a atividade antioxidante destes (SOUSA et al., 2007). Portanto podem neutralizar ou sequestrar os radicais livres, assim como quelar metais de transição, agindo contra o processo oxidativo. A concentração do composto fenólico no alimento, a forma como ele é administrado, o pH, a temperatura e a polaridade do solvente de extração são fatores que influenciam de forma variável a sua bioatividade (ALMAJANO; DELGADO; GORDON, 2007).

Embora sejam claras as evidências sobre seu poder antioxidante, alguns compostos fenólicos *in vitro* podem atuar como pró-oxidantes, como o ascorbato e carotenoides (SOUSA et al., 2007). Uma vez que podem atuar sobre metais, reduzindo-os e aumentando a formação de radicais livres e peróxidos, entretanto essa relação ainda precisa ser mais bem estabelecida (MOREIRA; MANCINI-FILHO, 2004).

No geral, para analisar a capacidade antioxidante de alimentos os métodos disponíveis podem ser classificados em dois tipos, de acordo com o mecanismo da reação, que pode ser por transferência de átomo de hidrogênio (HAT), ou por transferência única de elétron (SET) (GÜLÇİN, 2012). No método HAT, determina-se a capacidade de um antioxidante, através de doação de hidrogênio, eliminar radicais livres, esta reação independe do pH (HUANG; OU; PRIOR, 2005). No método SET, é detectada a habilidade do antioxidante transferir um elétron para reduzir um composto, essa reação é pH dependente e requer mudança de cor enquanto o oxidante é reduzido. Alguns exemplos de métodos mais utilizados de HAT são a Capacidade de Absorção de Radicais Oxigênio (ORAC) e Potencial Antioxidante Total (TRAP) enquanto que as mais utilizadas para avaliar o mecanismo de SET são o método de Folin-Ciocalteu para a determinação do conteúdo em fenóis totais, o poder antioxidante de redução férrica (FRAP), o ensaio do radical 1,1-difenil-2-picril-hidrazila-DPPH (GÜLÇİN, 2012).

Considerado por alguns autores como o método que mais se aproxima das condições de oxirredução que ocorrem *in vivo*, o ORAC, promove uma competição entre o antioxidante e a fluoresceína pelo peróxido de hidrogênio, assim como ocorre no meio biológico; e a reação acontece em condições de temperatura e pH semelhantes às do organismo. Entretanto, esse método avalia a atividade de sequestro apenas do radical peroxil, portanto os outros radicais livres não podem ser

mensurados, demonstrando que não existe melhor método, todos devem ser considerados e a união deles se faz necessário para avaliar a atividade antioxidante de um alimento (OU et al., 2002; SHAHIDI; ZHONG, 2015; USDA, 2010).

2.3 – Influência da digestão *in vitro* sobre os compostos fenólicos

Os possíveis benefícios advindos da dieta dependem tanto da digestão do alimento, quanto da absorção e metabolismo dos compostos. Várias são as condições que podem afetar a estabilidade dos antioxidantes no trato gastrointestinal e comprometer a capacidade de atuarem como redutores, o que torna relevante estudos sobre a digestibilidade, *in vitro* ou *in vivo*, destes componentes (YOU et al., 2010).

Segundo Tagliazucchi e colaboradores (2010), o trato gastrointestinal atua como um extrator de compostos fenólicos em matrizes sólidas, atribuindo a isso os processos de mastigação (ação mecânica), então por trituração acaba liberando compostos fracamente ligados na parede celular; e a fase digestiva (ação química) através do pH ácido e atividade de enzimas.

A biodisponibilidade de um componente da dieta depende da sua capacidade em se manter estável frente as condições do trato gastrointestinal, da quantidade que é liberada da matriz alimentar e também da sua eficiência em atravessar a barreira epitelial e chegar na corrente sanguínea em concentrações mínimas para que possa chegar ao sítio de ação para exercer sua bioatividade (TAGLIAZUCCHI et al., 2010). Para que os compostos apresentem capacidade antioxidante eles devem alcançar o seu sítio de ação, sendo digeridos, liberados da matriz alimentícia, solubilizados e absorvidos (SOLER-RIVAS et al., 2009).

Ademais, a atividade antioxidante dos compostos fenólicos sofre alterações ao longo do processo de digestão no trato gastrointestinal, devido à presença de espécies reativas e a alterações de pH. Isso porque, o trato gastrointestinal é constantemente exposto às espécies reativas e a presença dos polifenóis na luz intestinal pode contribuir para a manutenção do epitélio ao reduzir esses radicais. E a transição do ácido para o alcalino causa desprotonação do radical hidroxil, sendo mais intensa a atividade antioxidante no intestino que no estômago (BOUAYED; HOFFMANN; BOHN, 2011).

Nesse âmbito, o modelo de simulação de digestão *in vitro* surge como uma

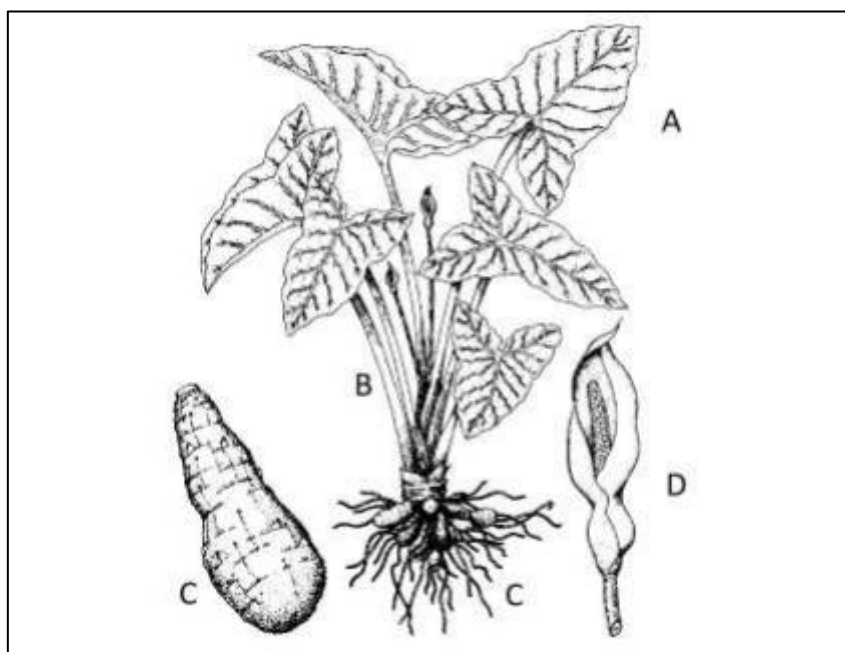
ferramenta valiosa para estudar a biodisponibilidade do alimento, para que se possa transpor ao modelo *in vivo*.

2.4 – Taioba (*Xanthosoma sagittifolium*)

A Araceae é uma família constituída por plantas herbáceas, pertencente ao grupo de monocotiledôneas, que compreende cerca de 125 gêneros e 3750 espécies, sendo a grande maioria encontrada nos trópicos (COELHO et al., 2015). Dentre elas está o gênero *Xanthosoma* que conta com 60 espécies aproximadamente. Existem espécies comestíveis, como é o caso da *Xanthosoma sagittifolium*, popularmente conhecida como Taioba, Tannia ou Cocoyam, sendo considerada uma hortaliça folhosa (LIMA, 2009; COELHO et al., 2015).

Essa herbácea perene pode atingir até 2 metros de altura, entretanto com o corte das folhas para consumo fica em torno de 0,8 a 1,0 metro de altura (BRASIL, 2010). Ela possui folhas com limbos grandes, carnosos, cerosos e com nervuras marcantes.

Figura 1 – Morfologia geral da Taioba



LEGENDA: A = folha; B = caule; C = rizoma; D = flor (FONTE: LIMA, 2009)

A taioba é classificada como uma planta alimentícia não-convencional (PANC), comumente produzida na agricultura familiar, por ser de fácil manejo, baixo

custo e requerer menor quantidade de insumos. Esse tipo de hortaliça possui quantitativamente maior teor de minerais do que as plantas normalmente cultivadas, entre esses é possível citar o ferro, potássio, cálcio e manganês (VIANA *et al.*, 2015).

O conhecimento acerca das PANCs torna-se válido para que seu consumo seja mais difundido, uma vez que apresentam características nutricionais importantes para o organismo humano.

Em regiões tropicais e equatoriais, seu consumo pode ser realizado durante todo o ano, uma vez que se adapta ao clima quente; já nas temperaturas mais baixas é cessada a sua produção (BRASIL, 2010). Além disso, no período de verão chuvoso esse tipo de hortaliça apresenta bom desempenho na produção (SEGANFREDO *et al.*, 2001).

Suas folhas são amplamente consumidas e comercializadas em Minas Gerais, Rio de Janeiro e Bahia, fazendo parte da cultura local e muito utilizada em pratos típicos regionais, sempre coccionadas por algum método, uma vez que seu consumo cru pode ser tóxico pela presença de ácido oxálico (oxalato de cálcio), um fator anti-nutricional, que pode causar irritação da mucosa da garganta, gerando coceira e sensação de asfixia (BRASIL, 2010).

Fator anti-nutricional é um composto, presente numa extensa variedade de alimentos de origem vegetal, que impede ou reduz totalmente a utilização de um elemento nutritivo do alimento, seja ele em nível metabólico ou digestivo (BENEVIDES *et al.*, 2011; SOUZA *et al.*, 2019). De acordo com Pinto e colaboradores (2001) demonstrados níveis de ácido oxálico na taioba são aceitáveis, e inferior ao encontrado no espinafre. Uma das alternativas para eliminar o ácido oxálico, bem como outros fatores anti-nutricionais presentes na taioba como os taninos e inibidores de tripsina, é por meio da cocção (LIMA; KRUPPEK, 2016).

Entretanto, os estudos que avaliaram as características nutricionais e capacidade antioxidantes das folhas de taioba são escassos. Pinto e colaboradores (2001) mostraram que a presença elevada de proteínas, fibras, vitamina C, cálcio e ferro, podem auxiliar a suprir as necessidades diárias do organismo. Arruda, Siqueira e Souza (2004) demonstraram por meio de um estudo pré-clínico a capacidade das folhas de taioba e beldroega em reduzir o estresse oxidativo em modelo *in vivo*. Graebner e colaboradores (2004), ao analisar em vegetais verde-escuro nativos do Brasil a biodisponibilidade de carotenoides, observaram que a

taioaba possui grande quantidade de pró-vitamina A e biodisponibilidade relativa de β -caroteno na taioba de 9%.

Com o exposto, conclui-se a importância de mais estudos a respeito da atividade antioxidantes das folhas da taioba.

Figura 2 – Representação da folha da taioba (*Xanthosoma sagittifolium*)



3- OBJETIVOS

3.1 - Objetivo geral

Avaliar o efeito de diferentes métodos de cocção e da simulação do processo digestório na capacidade antioxidante da taioba.

3.2 - Objetivos específicos

- Realizar a cocção das amostras em forno, micro-ondas, em óleo e vapor.
- Determinar o teor de fenólicos totais e da atividade antioxidante de extratos aquosos e etanólicos das folhas de taioba *in natura* e cozidas.
- Realizar a simulação da digestão gastrointestinal das amostras submetidas aos diferentes processos de cocção.
- Determinar o teor de fenólicos totais e a atividade antioxidante de extratos aquosos das amostras digeridas.

4- MATERIAIS E MÉTODOS

4.1- Obtenção da amostra

A taioba (*Xanthosoma sagittifolium*) foi adquirida em feiras, supermercados e hortifrúti da cidade de Ouro Preto, Minas Gerais. Foram comprados três maços, a fim de adquirir aproximadamente 500 g de taioba.

Figura 3 - Mapa de Minas Gerais, com marcação no território de Ouro Preto



4.2- Processos de Cocção

A taioba foi submetida a diferentes processos de cozimento de acordo com Chuaha e colaboradores (2008) com adaptações. Imediatamente antes de iniciar os processos de cocção, todas as amostras foram lavadas, secas em papel toalha e as partes não comestíveis foram removidas, sendo utilizadas apenas as folhas. As folhas de taioba foram cortadas em tiras. Uma parte foi mantida crua (50 g) e o restante (450 g) submetido à cocção. Após o cozimento as amostras foram imersas em gelo para interromper o processo, secas em papel toalha e liofilizadas para obtenção dos extratos. Cada método de cocção foi realizado em triplicata.

4.3.1- Cozimento em micro-ondas (calor seco)

Na cocção em microondas doméstico, 50 g de amostra foi colocada em um recipiente de vidro e com tampa plástica apropriado para cozimento em micro-ondas por 4 min em potência média.

4.3.2- Cozimento a vapor (calor úmido)

Na cocção à vapor, 250 mL de água foi aquecida até a fervura. Em seguida foi adicionada 50 g de taioba em uma grelha adaptável para cozimento à vapor por 5 min, em fogo médio.

4.3.3- Refogar em óleo

Na cocção em óleo, 2 a 4 g de óleo de soja Liza® foram utilizados para untar uma frigideira anti-aderente. Após aquecer a frigideira, 50 g de taioba foram cozidas por 3 min em fogo médio em fogão doméstico.

4.4- Simulação da digestão gastrointestinal e bioacessibilidade

A simulação da digestão gastrointestinal foi realizada conforme descrito por (MARTOS et al., 2010) com adaptações. Para simulação da digestão gástrica, amostras de taioba crua e cozida, foram dispersas em uma solução de 35 mmol/L NaCl, e o pH ajustado para 2 com 1mol/L HCl (5,9 mg/mL de proteína da amostra). Essa mistura permaneceu em banho termostatizado a 37 °C por 15 min, sob agitação. Em seguida, 5 mg/mL de pepsina (E:S 1:20 m/m) foi adicionado e o pH ajustado para 2 com 1mol/L HCl. A mistura permaneceu em banho termostatizado a 37 °C por 60 min, sob agitação.

Para a simulação da digestão intestinal, o pH foi ajustado para 6,5 com 1 mol/L NaHCO₃ seguido da adição de 1 mol/L CaCl₂ e 9 mg/mL de sais biliares e essa mistura permaneceu em banho termostatizado a 37 °C, por 15 min, sob agitação. Em seguida foi adicionada pancreatina (10 mg/mL, E:S 1:10 m/m) e 4 mL de água deionizada. A mistura ficou em banho termostatizado a 37 °C por 60 min, sob agitação. Para interromper a reação, as amostras digeridas foram aquecidas em banho termostatizado a 90 °C por 10 min, sob agitação. Ao final da digestão intestinal, as concentrações eram: 4 mg/mL de proteína, 7,6 mmol/L de CaCl₂, 0,07 mg/mL de sais biliares, 0,1 mg/mL de pancreatina e 0,2 mg/mL de pepsina. O procedimento foi realizado em triplicata para cada amostra.

A bioacessibilidade dos compostos antioxidantes e anti-inflamatórios da taioba foi obtida por centrifugação (11.000 g por 30 min a 36° C) das amostras após a digestão *in vitro*.

4.5- Obtenção dos extratos

Para o extrato aquoso, 500 mg de amostra em pó foi misturado a 10 mL de água destilada. A mistura foi agitada em agitador magnético por 30 min. Em seguida o extrato foi centrifugado por 15 min a 10.000 x g e filtrado em papel de filtro. O volume foi completado com água destilada para 10 mL.

Para o extrato etanólico, as amostras foram dispersas em solução etanólica 80% (v/v). A mistura foi agitada em agitador magnético por 30 min. Em seguida o extrato foi centrifugado por 15 min a 10.000 x g e filtrado em papel de filtro. O volume foi completado com solução etanólica 80% (v/v) para 10 mL. Os extratos foram armazenados – 20 °C até sua utilização.

4.6- Teor de Fenólicos Totais

O teor de fenólicos totais foi determinado utilizando-se o reagente de Folin-Ciocalteu, conforme descrito por Medina (2011). Para a determinação, 50 uL do extrato foram adicionados a 450 uL de água destilada e a 50 uL do reagente de Folin-Ciocalteu. A mistura foi agitada em vórtex e ficou em repouso por 5 min. Foi adicionado 500 uL de carbonato de sódio (7%) e 200 uL de água deionizada, seguida de agitação em vórtex e repouso na ausência de luz por 90 min. A absorbância foi lida em 765 nm, em leitor de microplacas. As determinações foram feitas em triplicata. Foi construída uma curva padrão de ácido gálico, em concentrações variando de 50 a 600 ug/mL. O teor de fenólicos totais foi expresso em mg equivalentes de ácido gálico EAG/g de amostra.

4.7- Determinação da Atividade Antioxidante

4.7.1- Poder antioxidante de redução do ferro (*Ferric Reducing Antioxidant Power*) - FRAP

Este ensaio se baseia na medida direta da habilidade dos antioxidantes (redutores) da amostra em reduzirem, em meio ácido, o complexo Fe⁺³/tripiridiltriazina (TPTZ), para formar Fe⁺², de intensa cor azul e absorção máxima a 593 nm. Alíquota de 0,1 mL de extrato (etanólico e aquoso) foi adicionada à 0,1 mL de cloreto férrico 3 mM (em ácido cítrico 5 mM). A mistura foi mantida em banho-maria a 37 °C e após 30 min foi adicionado 1,8 mL 1 mM TPTZ (2,4,6-tri(2-piridil)-s-triazina), em

0,05 M HCl. Após 10 min, a absorbância foi medida a 595 nm (BENZIE; STRAIN, 1996). Os resultados foram expressos em capacidade antioxidante equivalente a 1mM FeSO₄. As determinações foram feitas em triplicata.

4.7.2- Determinação da Capacidade de Absorção de Radicais Oxigênio (ORAC)

O ensaio de ORAC foi realizado a partir dos extratos, seguindo a metodologia descrita por Dávalos, Gómez-Córdovés e Bartolomé (2004). Para o ensaio, foram adicionados 20 µL de extrato (com concentração final de 1 mg/mL), 120 µL de fluoresceína em tampão fosfato de potássio (pH 7,4) na concentração final de 0,378 µg/mL (preparada a partir de uma solução estoque de 3,87 mg/mL) e 60 µL de AAPH (2,2'-azobis (2-methylpropionamidine) dihydrochloride) em água (concentração final de 108 mg/mL). Para o branco, o extrato foi substituído por tampão fosfato de potássio. Como padrão foi utilizado Trolox em tampão fosfato de potássio (0,1 ; 1,0 ; 10 ; 25 ; 50 ; 80 e 100 µM). Após a adição de todos os reagentes na placa, foi feita a leitura da fluorescência, a cada 1 minuto, por 80 min. Foram utilizados os seguintes filtros: emissão 520 nm e excitação 485 nm. A temperatura do equipamento foi de 37 °C. Todos os extratos foram lidos em triplicata.

As leituras da fluorescência foram utilizadas no cálculo da AUC (sigla em inglês para área abaixo da curva), para as amostras, diferentes concentrações de Trolox e o branco de acordo com a equação 3. Os valores da AUC do padrão e das amostras foram subtraídos do valor de AUC do branco. Os valores de AUC das amostras foram substituídos na equação da reta obtida pela curva padrão de Trolox e os valores expressos em µmol Trolox equivalente (TE)/ g de amostra.

$$AUC = 1 + f2/f1 + f3/f1 + f4/f1 + fn/f1$$

Onde:

f1 = leitura da fluorescência no tempo 1

f2 = leitura da fluorescência no tempo 2

fn = leitura da fluorescência no tempo 80 minutos

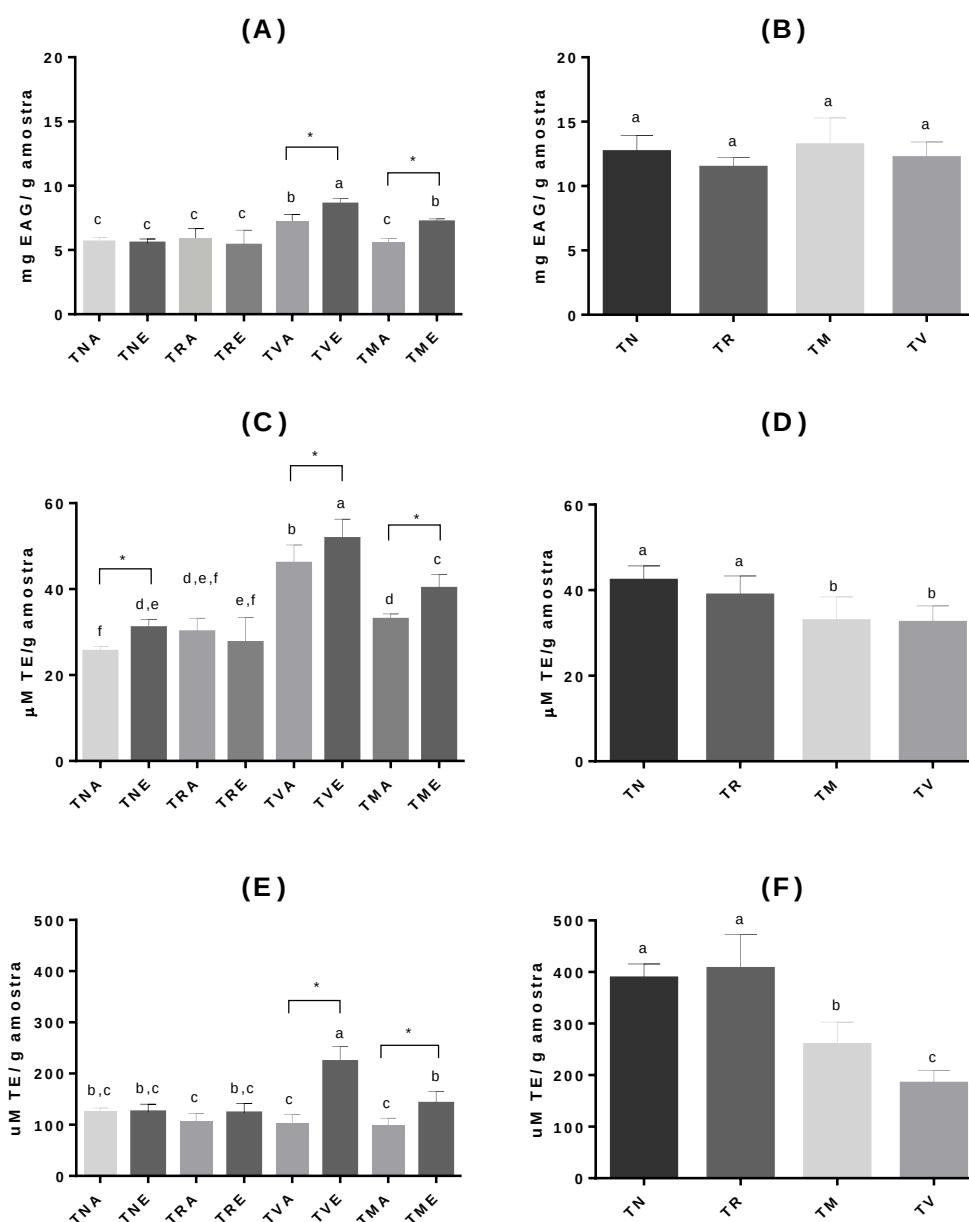
4.8- Análise Estatística

Os dados foram apresentados em média $\pm$ desvio padrão. Para análise estatística foi utilizado o programa *GraphPad Prism 6*, na versão 6.01. Para verificar se os dados possuíam distribuição normal foi realizado teste de normalidade *Kolmogorov-Smirnoff*. Os dados apresentaram distribuição paramétrica e a comparação de médias entre diferentes amostras para cada teste da capacidade antioxidante foi realizada por meio do teste ANOVA, *post hoc Tukey* e para comparar as médias das mesmas amostras entre extrato aquoso e etanólico e entre antes e após a digestão foi utilizado o Teste T. O valor de p foi fixado em 5% ($p < 0,05$), com o intuito de obter uma confiabilidade de 95% entre as comparações.

5- RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do teor de fenólicos totais e da capacidade antioxidante dos extratos aquosos e etanólicos da taioba antes e após a cocção e dos extratos aquosos após a digestão estão apresentados nas Figuras 4 e 5.

Figura 4. Teor de fenólicos totais e atividade antioxidante por FRAP e ORAC da taioba *in natura*, cozida, digeridas.



Teor de fenólicos totais antes (A) e após (B) a digestão *in vitro*; FRAP antes (C) e após a digestão *in vitro*(D); e ORAC antes (E) e após (F) a digestão *in vitro*. Os resultados são representados pela média $\pm$ desvio padrão. Comparações múltiplas utilizando *one-way* ANOVA foram acompanhadas pelo pós-

teste de *Tukey*. * representa diferença significativa ($p < 0,05$) entre extratos aquoso e etanólico de uma mesma amostra pelo Teste T. Taioba *in natura* aquoso (TNA), taioba *in natura* etanólico (TNE), taioba refogado aquoso (TRA), taioba refogado etanólico (TRE), taioba a vapor aquoso (TVA), taioba a vapor etanólico (TVE), taioba microondas aquoso (TMA), taioba microondas etanólico (TME). Taioba *in natura* (TN), taioba refogada (TR), taioba microondas (TM), taioba a vapor (TV). Equivalente de Trolox (TE); Equivalente de Ácido Gálico (EAG)

De forma geral, os diferentes métodos de cocção contribuíram para o aumento do teor de fenólicos totais e da capacidade antioxidante nos extratos de taioba (Figura 4. A-C). Dentre todos os métodos de cocção, a cocção a vapor, em extrato etanólico, foi a que mais elevou os teores de polifenóis (aumento de 80%) e da atividade antioxidante por FRAP e ORAC (ambas com aumento de 100%). Esses resultados estão de acordo com o estudo de Gliszczynska-Swiglo et al. (2006), em que o cozimento a vapor do brócolis aumentou o teor de polifenóis comparado ao do brócolis *in natura*. Resultados semelhantes também foram encontrados por Sultana, Anwar, Iqbal (2008) em que após a cocção a vapor houve aumento do conteúdo de fenólicos em cenoura, ervilha e espinafre. Em outro estudo de Nunes e colaboradores (2015) o maior teor de fenólicos totais encontrado foi pela cocção a vapor, seguido pela cocção em micro-ondas.

As diferenças entre o teor de fenólicos totais e os valores de FRAP e ORAC das amostras cozidas em relação a taioba *in natura* pode ser atribuído a modificação da matriz alimentar provocada pelo cozimento. Provavelmente, a cocção pode ter desidratado e alterado a estrutura da matriz alimentar, facilitando o acesso do solvente aos compostos fenólicos da matriz alimentar, e conseqüentemente a sua extração (HARRISON; HARRIS, 1985; Huffman et al., 1978; Schweiggert; Schieber et al., 2006). Além disso, o processo de cocção pode promover a inativação da enzima polifenol oxidase (CHUAH et al., 2008), o que reduziria a degradação de polifenóis (SIKORA; CIESLIK; TOPOLSKA., 2008) resultando na melhor disponibilidade desses componentes para extração.

Estudo de Roy et al. (2007) mostraram que a cocção por menor tempo associado a temperaturas mais baixas preserva melhor o conteúdo de fenólicos e atividade antioxidante de diferentes hortaliças. O mesmo também foi relatado no estudo de Yang, Achaerandio e Pujolà (2016). Provavelmente essa diferença pode estar relacionada com o tempo de exposição ao calor ao qual as amostras foram

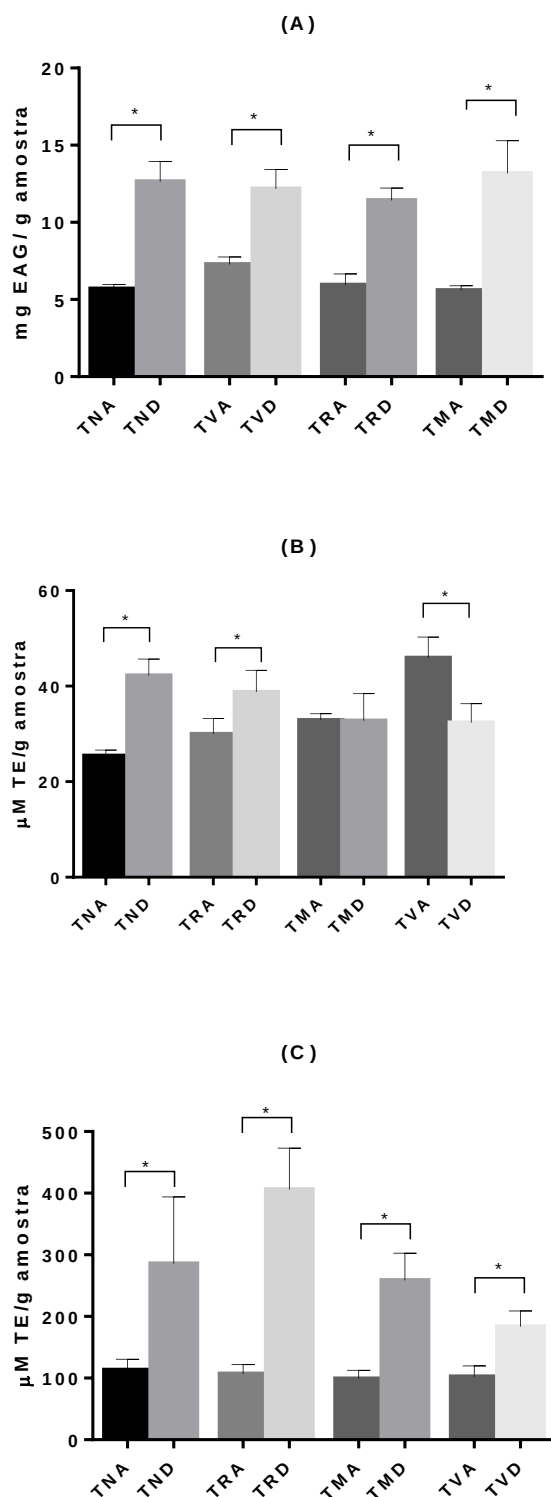
submetidas, o método a vapor foi realizado durante 5 min, o método refogado durante 3 min e o microondas por 4 min.

Em relação aos solventes, o extrato etanólico foi o mais adequado para extrair os compostos fenólicos. Isso sugere que os principais componentes antioxidantes da taioba tenham caráter hidrofóbico e provavelmente são de natureza fenólica. A literatura demonstra que a eficiência da extração depende principalmente da escolha do solvente. Em um estudo de Pulido, Bravo e Saura-Calixto (2000) demonstrou que a utilização de diferentes solventes influencia no poder redutor da amostra analisada. De acordo com Vizzoto e Pereira (2011) solventes com alta polaridade, como a água e com polaridade muito baixas ou apolares não são bons extratores.

A atividade antioxidante dos extratos coccionados e digeridos determinada pelos métodos FRAP e ORAC se encontram na Figura 4, representados em C, D, E e F na Figura 5. Após a digestão, todas as amostras aumentaram em até 100% seu teor de fenólicos totais e atividade antioxidante por FRAP e ORAC, sugerindo que a digestão é tão ou mais eficiente em liberar compostos fenólicos com atividade antioxidante do que os diferentes processos de cocção avaliados. Os maiores valores de fenóis totais, FRAP e ORAC foram os da taioba *in natura* e refogada. No entanto, o maior valor de ORAC, teste antioxidante que mais se aproxima das condições de oxirredução que acontece no organismo, foi da taioba refogada, mostrando que a combinação entre cocção e processo digestório pode ser benéfica por liberar e preservar compostos antioxidantes do alimento.

De forma geral, as maiores capacidades antioxidantes condizem com os teores de compostos fenólicos mais elevados, corroborando a hipótese de que os principais compostos antioxidantes da taioba são os compostos fenólicos.

FIGURA 5 – Comparativo entre teor de fenóis totais e atividade antioxidante em FRAP e ORAC, antes e após a digestão, das folhas da taioba.



Comparação do teor de fenólicos totais antes e após a digestão (A), entre a atividade antioxidante por FRAP (B) e por ORAC (C) antes e após a digestão. Os resultados são representados pela média $\pm$ desvio padrão. Comparações múltiplas utilizando *one-way* ANOVA foram acompanhadas pelo pós-teste de *Tukey*. * representa diferença significativa ($p < 0,05$) entre extratos aquoso e etanólico de

uma mesma amostra pelo Teste T. Taioba *in natura* aquoso (TNA), taioba *in natura* etanólico (TNE), taioba refogado aquoso (TRA), taioba refogado etanólico (TRE), taioba a vapor aquoso (TVA), taioba a vapor etanólico (TVE), taioba microondas aquoso (TMA), taioba microondas etanólico (TME). Taioba *in natura* (TN), taioba refogada (TR), taioba microondas (TM), taioba a vapor (TV). Equivalente de Trolox (TE); Equivalente de Ácido Gálico (EAG)

As amostras digeridas apresentaram valores de ORAC superiores aos de FRAP, sugerindo que o mecanismo preferencial dos fenólicos parece ser o de transferência de átomos de hidrogênio, inibindo a oxidação induzida pelos radicais peroxil, que é medido pelo método de ORAC. A diferença observada se deve ao tipo de compostos fenólicos presentes na amostra e ao solvente utilizado na extração. Este fato evidencia que a atividade antioxidante observada depende do tipo de estrutura fenólica presente no alimento, ou seja, depende mais do composto do que da quantidade total.

6- CONCLUSÃO

O método de cocção que mais extraiu compostos fenólicos e que apresentou maior atividade antioxidante foi o método a vapor seguido do microondas. Possivelmente a cocção modificou a matriz vegetal favorecendo a extração de compostos. Dentre esses, os extratos etanólicos demonstraram teores maiores que os aquosos, podendo inferir que os compostos antioxidantes mais abundantes são de natureza fenólica e possuem caráter hidrofóbico.

Em relação as amostras após a digestão, foi possível observar uma maior quantidade de compostos fenólicos assim como de atividade antioxidante, provavelmente porque a digestão atuou como extratora de fenólicos. A maior atividade antioxidante em ORAC encontrada após a digestão foi da taioba refogada, seguida da *in natura*. Pode-se inferir que o maior tempo de cozimento levou a uma menor atividade antioxidante, possivelmente pela preservação da estrutura dos compostos fenólicos.

Ao analisar a atividade antioxidante por FRAP, por ser outro mecanismo de ação, não foi observado o mesmo resultado. Portanto dependendo do mecanismo antioxidante avaliado, a digestão pode ou não ser benéfica.

A união da cocção com a digestão parece ser o melhor dos processos para a taioba refogada, principal forma de consumo da população. Entre os métodos de determinação de atividade antioxidante, o mecanismo preferencial dos compostos fenólicos das folhas da taioba é de transferência de elétrons de hidrogênio (ORAC). E dessa forma a maior atividade antioxidante no processo de cocção por ORAC e subsequente digestão é a forma refogada.

7- REFERÊNCIAS

ALMAJANO, M. P.; DELGADO, M. E.; GORDON, M. H. Albumin causes a synergistic increase in the antioxidant activity of green tea catechins in oil-in-water emulsions. **Food Chemistry**, v. 102, n. 4, p. 1375-1382, 2007.

ALVES, C. Q.; DAVID, J. M.; DAVID, J. P.; BAHIA, M. V.; AGUIAR, R. M. Métodos para determinação de atividade antioxidante in vitro em substratos orgânicos. **Química Nova**, v.33, n.10, p. 2202-2210, 2010.

ARAUJO, S. S.; ARAUJO, P. S.; GIUNCO, A. J.; SILVA, S. M.; ARGANDOÑA, E. J. S. Bromatology, food chemistry and antioxidant activity of *Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott. **Emirates Journal of Food and Agriculture**. v.31(3), p.188-195, 2019.

ARBOS, K. A.; FREITAS, R. J. S.; STERTZ, S. C.; DORNAS, M. F. Atividade antioxidante e teor de fenólicos totais em hortaliças orgânicas e convencionais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30(2), p.501-506, 2010.

ARRUDA, S. F.; SIQUEIRA, E. M. A.; SOUZA, E. M. T. Malanga (*Xanthosoma sagittifolium*) and Purslane (*Portulaca oleracea*) Leaves Reduce Oxidative Stress in Vitamin A-Deficient Rats. **Ann Nutr Metab**, v. 48, p.288–295, 2004.

BALASUNDRAM, N.; SUNDRAM, K.; SAMMAN, S. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. **Food Chemistry**, v. 99, n. 1, p. 191-203, 2006.

BARBOSA, K. B. F. *et al.* Estresse oxidativo: conceito, implicações e fatores modulatórios. **Revista de Nutrição**, Campinas, v.23, n.4, p.629-643, 2010.

BARREIROS, A. L. B. S.; DAVID, J. M.; DAVID, J. P. Estresse oxidativo: relação entre geração de espécies reativas e defesa do organismo. **Química Nova**, v.29, n.1, p.113-123, 2006.

BENEVIDES, C. M. J.; SOUZA, M. V.; SOUZA, R. D. B.; LOPES, M. V. Fatores antinutricionais em alimentos: revisão. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v.18, n.2, p.67-79, 2011.

BENZIE, I. F. F.; STRAIN, J. J. The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of “Antioxidant Power”: The FRAP Assay. **Analytical Biochemistry**, v. 239, n. 1, p. 70-76, 1996.

BRASIL. Manual de hortaliças não-convencionais. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. Brasília: Mapa/ACS, 92 p, 2010.

BOUAYED, J.; HOFFMANN, L.; BOHN, T. Total phenolics, flavonoids, anthocyanins and antioxidant activity following simulated gastro-intestinal digestion and dialysis of apple varieties: Bioaccessibility and potential uptake. **Food Chemistry**, v. 128, n. 1, p. 14-21, 2011.

CERQUEIRA, F. M.; MEDEIROS, M. H. G. D.; AUGUSTO, O. Antioxidantes dietéticos: controvérsias e perspectivas. **Química Nova**, v. 30, p. 441-449, 2007.

CHAI, W.; LIEBMAN, M. Effect of diferente cooking methods on vegetable oxalate content. **Journal of agricultural and food chemistry**, v.53, n.8, 2005.

CHUAH, A. M.; LEEB, Y. C.; YAMAGUCHI, T.; TAKAMURAC, H.; YINE, L. J. *et al.* Effect of cooking on the antioxidant properties of coloured peppers. **Food Chemistry**, v. 1, p. 20-28, 2008.

COELHO, M.A.N.; SOARES, M.L.; CALAZANS, L.S.B.; GONÇALVES, E.G.; ANDRADE, I.M. DE; PONTES, T.A.; SAKURAGUI, C.M.; TEMPONI, L.G.; BUTURI, C.; MAYO, S. Araceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. 2015.

DÁVALOS, A.; GÓMEZ-CORDOVÉS, C.; BARTOLOMÉ, B. Extending Applicability of the Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC–Fluorescein) Assay. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, n. 1, p. 48-54, 2004.

DEGÁSPARI, C. H.; NINA, W. Propriedades antioxidantes de compostos fenólicos. **Visão Acadêmica**, Curitiba, v.5, n.1, p.33-40, 2004.

FABBRI, A. D. T.; CROSBY, G. A. A review of the impact of preparation and cooking on the nutritional quality of vegetables and legumes. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, Boston, v.3, p. 2–11, 2016.

FAIRWEATHER, S. J.; SOUTHON, S. Bioavailability of nutrients. **Institute of Food Research**, Norwich,UK. 2003.

FALLER, A. L. K.; FIALHO, E. The antioxidante capacity and polyphenol content of organic and conventional retail vegetables after domestic cooking. **Food Research International**, Barking, v.42, p.210-215, 2009.

GLISZCZYNSKA-ŚWIGŁO, *et al.* The changes in the contents of health-promoting compounds and antioxidant activity of broccoli upon domestic processing. **Food Additives and Contaminants**, 23 (11), p.1088-1098, 2006.

GOSTNER, J. M.; BECKER, K.; UEBERALL, F.; FUCHS, D. The good and bad of antioxidant foods: An immunological perspective. **Food and Chemical Toxicology**, v. 80, p. 72-79, 2015.

GRAEBNER, *et al.* Carotenoids from native Brazilian dark-green vegetables are bioavailable: a study in rats. **Nutrition Research**, v. 24, p. 671–679, 2004.

Guia alimentar para a população brasileira. **Ministério da Saúde**, Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Atenção Básica. 2. ed., 1. reimpr. – Brasília: Ministério da Saúde, 2014.

GULÇIN, I. Antioxidant activity of food constituents: an overview. **Arch Toxicol**, v.86, p.345-391, 2012.

HALLIWELL, B.; AESCHBACH, R.; LÖLIGER, J.; ARUOMA, O. I. The characterization of antioxidants. **Food and Chemical Toxicology**, v. 33, n. 7, p. 601-617, 1995.

HALLIWELL, B. The antioxidant paradox: less paradoxical now? **British Journal of Clinical Pharmacology**, v. 75, n. 3, p. 637-644, 2013.

HARRISON, M. K.; HARRIS, N. D. Effects of processing treatments on recovery of capsaicin in jalapeno peppers. **Journal of Food Science**, v.50, p.1764–1765, 1985.

HUANG, D.; OU, B.; PRIOR, R. L. The Chemistry behind Antioxidant Capacity Assays. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 6, p. 1841-1856, 2005.

HUFFMAN, V. L.; SCHADLE, E. R.; VILLALOM, B.; BURNS, E. E. Volatile componentes and pungency in fresh and processed jalapeno peppers. **Journal of Food Science**, v.43, p. 1809–1811, 1978.

LERTRAT, K.; HARAKOTR, B.; SURIHARN, B.; TANGWONGCHAI, R.; SCOTT, M. P. Anthocyanin, phenolics and antioxidant activity changes in purple waxy corn as affected by traditional cooking. **Food Chemistry**, Thailand, v.164, p.510-517, 2014.

LIMA, T. A. Caracterização de compostos nutricionais e antinutricionais em taiobas (Xanthosoma Schott). **Dissertação de Mestrado**. Universidade de Brasília, 2009.

LIMA, A. S. G.; KRUPKEK, R. A. Caracterização morfológica, anatômica, e toxinas endógenas em Colocasia esculenta (L.) Schott e Xanthosoma sagittifolium (L.) Schott. **Luminária**, União da Vitória, v.18, n. 1, p. 31-40, 2016.

LIMÓN-PACHECO, J.; GONSEBATT, M. E. The role of antioxidants and antioxidant-related enzymes in protective responses to environmentally induced oxidative stress. **Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis**, v. 674, n. 1–2, p. 137-147, 2009.

MANACH, C. et al. Polyphenols: food sources and bioavailability. **Am J Clin Nutr**, v. 79, p. 727–47, 2004.

MARTOS, G.; CONTRERAS, P.; MOLINA, E.; LÓPEZ-FANDIÑO, R. Egg white ovalbumin digestion mimicking physiological conditions. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, n. 9, p. 5640-5648, 2010.

MARTÍNEZ-CAYUELA, M. Oxygen free radicals and human disease. **Biochimie**, v. 77, n. 3, p. 147-161, 1995.

MEDINA, M. B. Simple and rapid method for the analysis of phenolic compounds in beverages and grains. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 59, n. 5, p. 1565-1571, 2011.

MIGLIO, C.; CHIAVARO, E.; VISCONTI, A.; FOGLIANO, V.; PELLEGRINI, N. Effects of different cooking methods on nutritional and physicochemical characteristics of selected vegetables. **Journal of Agricultural and food chemistry**, v. 56, n.1, p.139-147, 2008.

MOREIRA, A. V. B.; MANCINI-FILHO, J. Influência dos compostos fenólicos de especiarias sobre a lipoperoxidação e o perfil lipídico de tecidos de ratos. **Revista de Nutrição**, Campinas, v.17, n.4, p.411-424, 2004.

MURADOR, D. C.; ROSSO, V. V.; MERCADANTE, A. Z. Cooking techniques improve the levels of bioactive compounds and antioxidant activity in kale and red cabbage. **Food Chemistry**, v.196, p.1101-1107, 2016.

NACZK, M.; SHAHIDI, F. Extraction and analysis of phenolics in food. **Journal of Chromatography A**, v.1054, p.95-111, 2004.

NUNES, S. S.; HUBSCHER, G. H.; ROSA, J. R.; SIMÕES, G. D. Compostos fenólicos totais em brócolis (*brassica oleracea L. var. itálica*) submetidos a cocção em forno microondas convencional e à vapor. **5º Simpósio de Segurança Alimentar, Alimentação e Saúde**. Bento Gonçalves, maio, 2015.

OKARTER, N.; LIU, C.-S.; SORRELLS, M. E.; LIU, R. H. Phytochemical content and antioxidant activity of six diverse varieties of whole wheat. **Food Chemistry**, v. 119, n. 1, p. 249-257, 2010.

OU, B.; HUANG, D.; HAMPSCH-WOODILL, M.; et al. Analysis of antioxidant activities of common vegetables employing Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC) and Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) assays: a comparative study. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.50, p.3122-3128, 2002.

PERLA, V.; HOLM, D. G.; JAYANTY, S. S. Effects of cooking methods on polyphenols, pigments and antioxidante activity in potato tubers. **LWT – Food Science and Technology**, London, v.45, p. 161-171, 2012.

PINTO, N. A. V.; CARVALHO, V. D.; CORRÊA, A. D.; RIOS, A. O. Avaliação de fatores antinutricionais das folhas da taioba (*Xanthosoma sagittifolium* SCHOOT). **Ciênci. Agrotec.**, Lavras, v.25, n.3, p.601-604, 2001.

PULIDO, R.; BRAVO, L.; SAURA-CALIXTO, F. Antioxidant activity of dietary polyphenols as determined by a modified ferric reducing/antioxidant power assay. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.48, p.3396-3402, 2000.

PRIOR, R. L. Oxygen radical absorbance capacity (ORAC): New horizons in relating dietary antioxidants/bioactives and health benefits. **Journal of Functional Foods**, v. 18, Part B, p. 797-810, 2015.

RIBEIRO, S. M. R.; et al. A formação e os efeitos das espécies reativas de oxigênio no meio biológico. **Biosci. J.**, v.21, n.3, p.133-149, 2005.

ROBBINS, R. J. Phenolic acids in foods: An overview of analytical methodology. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, n. 10, p. 2866-2887, 2003.

ROHENKOHL, C. C.; CARNIEL, A. P.; COLPO, E. Consumo de antioxidantes durante tratamento quimioterápico. **ABCD Arq Bras Cir Dig**, v.24 (2), p.107-112, 2011.

ROY, M.K. et al. Antioxidant potential, anti-proliferative activities, and phenolic content in water-soluble fractions of some commonly consumed vegetables: effects of thermal treatment. **Food Chem.**, v.103, n.1, p.106-114, 2007.

SCHWEIGGERT, U.; SCHIEBER, A.; CARLE, R. Effects of blanching and storage on capsaicinoid stability and peroxidase activity of hot chili peppers (*Capsicum frutescens* L.). **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v.7, p.217–224, 2006.

SHAHIDI, F.; ZHONG, Y. Measurement of antioxidant activity. **Journal of Functional Foods**, v. 18, Part B, p. 757-781, 2015.

SEGANFREDO, R.; FINGER, F. L.; BARROS, R. S.; MOSQUIM, P. R. Influência do momento de colheita sobre a deterioração pós-colheita em folhas de taioba. **Hortic. Brasi.**, v.19, n.3, p.316-319, 2001.

SIKORA, E; CIESLIK, E; TOPOLSKA, K. The sources of natural antioxidants. **ACTA Sci. Pol., Technol. Aliment.** V.7, p. 5-17, 2008.

SILVA, M. L. C.; COSTA, R. S.; SANTANA, A. S.; KOBLITZ, M. G. B. Compostos fenólicos, carotenóides e atividade antioxidante em produtos vegetais. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.31, n.3, p.669-682, 2010.

SOLER-RIVAS, C.; RAMÍREZ-ANGUIANO, A. C.; REGLERO, G.; SANTOYO, S. Effect of cooking, in vitro digestion and Caco-2 cells absorption on the radical scavenging activities of edible mushrooms. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 44, n. 11, p. 2189-2197, 2009.

SOUSA, C. M. M.; et al. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. **Química Nova**, v.30, n.2, p. 351-355, 2007.

SOUZA, C. G. et al. Fatores anti-nutricionais de importância na nutrição animal: Composição e função dos compostos secundários. **PUBVET**, v.13, n.5, p.1-19, 2019.

SULTANA, B.; ANWAR, F.; IQBAL, S. Effect of different cooking methods on the antioxidant activity of some vegetables from Pakistan. **International Journal of Food Science and Technology**, v.43, p.560-567, 2008.

TAGLIAZUCCHI, D.; VERZELLONI, E.; BERTOLINI, D.; CONTE, A. In vitro bio-accessibility and antioxidant activity of grape polyphenols. **Food Chemistry**, v. 120, n. 2, p. 599-606, 2010.

TARKO, T.; DUDA-CHODAK, A.; TUSZYŃSKI, T. Simulation of phenolic compounds transformations and interactions in an in vitro model of the human alimentary tract. **Food Science and Technology International**, v. 15, n. 3, p. 235-241, 2009.

USDA. Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC) of Selected Foods, Release 2. 16 de maio de 2010.

VIANA, M. M. S.; CARLOS, L. A.; SILVA, E. C.; PEREIRA, S. M. F.; OLIVEIRA, D. B.; ASSIS, M. L. V. Composição fitoquímica e potencial antioxidante em hortaliças não convencionais. **Horticultura Brasileira**, v. 33, p. 504-509, 2015.

VIZZOTTO, M.; PEREIRA, M.C. Amora-preta (*Rubus* sp.): otimização do processo de extração para determinação de compostos fenólicos antioxidantes. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 4, pp. 1209-1214, 2011.

WICKENS, A. P. Ageing and the free radical theory. **Respiration Physiology**, v. 128, n. 3, p. 379-391, 2001.

WILLCOX, J. K.; ASH, S. L.; CATIGNANI, G. L. Antioxidants and Prevention of Chronic Disease. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 44, n. 4, p. 275-295, 2004/07/01 2004.

YANG, Y.; ACHAERANDIO, I.; PUJOLÀ, M. Effect of the intensity of cooking methods on the nutritional and physical properties of potato tubers. **Food Chemistry**, v.197, p.1301-1310, 2016.

YOU, L.; ZHAO, M.; REGENSTEIN, J. M.; REN, J. Changes in the antioxidant activity of loach (*Misgurnus anguillicaudatus*) protein hydrolysates during a simulated gastrointestinal digestion. **Food Chemistry**, v. 120, n. 3, p. 810-816, 2010.