ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E DETERMINAÇÃO DE FENÓIS TOTAIS, CAROTENOIDES, BETACAROTENOS, LICOPENO E ZINCO EM VARIEDADES BRANCA, AMARELA E ROSADA DE *Manihot esculenta* CRANTZ

ANTIOXIDANT ACTIVITY AND DETERMINATION OF TOTAL PHENOL CONTENTS, CAROTENOIDS, BETA-CAROTENE, LYCOPENE AND ZINC IN WHITE, YELLOW AND PINKISH VARIETIES OF Manihot Esculenta *CRANTZ*

Regildo M. G. SILVA[1]; Patrícia Aparecida FIGUEIREDO[1]; Erika Cosendey Toledo de Mello PEIXOTO[2]; Luciana Pereira SILVA[3]

1. Professor, Doutor, Departamento de Ciências Biológicas - Laboratório de Fitoterápicos, Faculdade de Ciências e Letras de Assis, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Assis, SP, Brasil. regildos@yahoo.com.br; 2. Professora, Doutora, Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP/Bandeirantes, Villa Maria, Bandeirantes, PR, Brasil; 3. Professora Doutora, Fundação Educacional do Município de Assis - FEMA, Assis, SP, Brasil.

RESUMO: Existem variedades de mandioca que apresentam compostos como os carotenoides, beta-caroteno, licopeno e minerais importantes para a saúde humana e animal. O presente estudo avaliou a atividade antioxidante das variedades branca, amarela e rosada de *Manihot esculenta*, por meio de teste de DPPH e pela atividade quelante de íons ferro. Além disso, o conteúdo de fenóis totais, carotenoides, beta-caroteno, licopeno e zinco também foram determinados. Utilizando o teste de DPPH foi possível verificar que os extratos de amostras cozidas apresentaram maior atividade antioxidante (89,53% - rosada) em comparação com as amostras frescas (1,97% - branca). Para o teste de atividade quelante de íons ferro, a maior atividade foi encontrada para o extrato da variedade rosada cozida (63,43%) e a menor foi do extrato da amarela *in natura* (17,34%) a amostra branca não apresentou atividade. A maior concentração de fenóis e de zinco foi obtida para o extrato da variedade rosada cozida 136,12 mg EAG/g de extrato e 0,811 ppm, respectivamente, na concentração de 1000 µg/mL. A variedade rosada apresentou também maior quantidade de pigmentos, incluindo carotenoides (29,40 µg/g); beta-caroteno (9,14 µg/100g) e licopeno (68,92%). De acordo com os resultados obtidos no presente estudo, foi possível concluir que as variedades amarela e rosada de *M. esculenta*, apresentam quantidades de compostos fenólicos e minerais suficientes para atribuir a atividade antioxidante, podendo assim, contribuir para diminuir os danos oxidativos e serem utilizadas como nutracêuticos ou diretamente ingeridas na dieta para manter a boa saúde.

PALAVRAS-CHAVE: Mandioca. Nutracêuticos. Sequestro de radicais livres. Processamento de Alimentos. DPPH. Folin-Ciocalteu.

INTRODUÇÃO

A espécie *Manihot esculenta* Crantz (mandioca) é uma planta com importância econômica e nutricional pertencente à família Euphorbiaceae. O gênero *Manihot* compreende 98 espécies das quais *M. esculenta* é o membro mais cultivado (ROGERS; APPAN, 1973; NASSAR et al., 2008). A raiz tuberosa da mandioca é a quarta fonte de alimento mais importante nos trópicos devido ao seu alto teor de carboidratos (ONYESOM; OKOH, 2006). O amido isolado da mandioca é um ingrediente funcional utilizado nas indústrias de alimento, papel, têxtil e farmacêutica, e tem valor econômico para os países exportadores de amido (NASSAR, 2007; FAVARO et al., 2008; NASSAR; ORTIZ, 2008).

O grande número de variedades de mandioca existentes no Brasil permite a escolha de variedades de acordo com a região e a finalidade de exploração da cultura (NASSAR, 2007; NASSAR et al., 2007). Além de baixos teores de compostos cianogênicos nas raízes, as variedades de mandioca indicadas para consumo *in natura* apresentam características específicas, tais como: o cozimento mais rápido e estável; maior qualidade da massa cozida; e maior tempo de conservação após a colheita (MEZETTE et al., 2009). Busca-se também associar a estas características componentes nutracêuticos com ação sobre a prevenção e o tratamento de diferentes doenças, relacionadas, direta ou indiretamente, com hábitos nutricionais (CENCIC; CHINGWARU, 2010).

Quanto à composição química e bromatológica da mandioca, sua raiz possui 60 a 65% de umidade, 21 a 33% de amido, 1,0 a 1,5% de proteínas, 0,18 a 0,24% de gorduras e 0,70 a 1,06% de fibras (CEBALLOS et al., 2006). Além desta composição pode ainda apresentar aminoácidos essenciais como lisina, triptofano, metionina e

Received: 23/09/12
Accepted: 05/06/13

cistina (PURSEGLOVE, 1968; BLAGBROUGH et al., 2010). Outros constituintes nutricionais podem estar presentes de acordo com as variedades, as condições edafoclimáticas e de cultivo (CHARLES et al., 2008; CENI et al., 2009). Estas características são observadas principalmente pela coloração do interior da raiz tais como: raízes amareladas e/ou alaranjadas possuem um teor maior de caroteno, mais comumente encontrado o betacaroteno; raízes rosadas apresentam um teor maior de licopeno; e, de forma geral, as variedades de mandioca apresentam importantes minerais para saúde humana, como cálcio, ferro, magnésio, manganês, potássio e zinco (BLAGBROUGH et al., 2010; CEBALLOS et al., 2012).

Diferentes vegetais têm demonstrado possuir atividade antioxidante e portanto, têm o potencial para serem utilizados como fontes naturais para reduzir os danos celulares promovidos principalmente pelo estresse oxidativo e, consequentemente, reduzir condições degenerativas, como as doenças cardiovasculares e cânceres (Barbosa – Pereira et al., 2013). No entanto, a capacidade antioxidante e o conteúdo nutricional podem ser afetados pelo processamento; por isso é necessário determinar o potencial antioxidante, bem como os compostos fenólicos específicos que contribuem para a atividade antioxidante total (UUSIKU et al., 2010).

Diante disso, este estudo teve por objetivo avaliar a atividade antioxidante e os teores de fenóis totais, carotenoides, betacaroteno, licopeno e zinco das variedades branca, amarela e rosada de *M. esculenta* tanto para o processamento *in natura* como cozida.

MATERIAL E MÉTODOS

Material vegetal

Três variedades de *M. esculenta* Crantz (amarela, branca e rosada) foram obtidas com agricultores da região de Assis/SP e identificadas no Instituto Agronômico e Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios do município de Assis (Figura 1).

Figura 1. Variedades da mandioca *Manihot esculenta* (branca, rosada e amarela).

As variedades *M. esculenta* foram selecionadas, descascadas e higienizadas (imersa em solução de hipoclorito de sódio a 0,2% por 20 minutos) e armazenadas em temperatura média de -18°C. Para a preparação das amostras, cada variedade foi cozida, separadamente, em água a temperatura média de 90ºC, por 20 minutos. Logo após, estas amostras foram armazenadas para a realização dos ensaios antioxidantes e das diferentes dosagens.

Preparação do extrato

Amostras das variedades de *M. esculenta* foram separadas em parcelas de 20 g da raiz *in natura* e cozida, trituradas e incubadas com 20 mL de acetona e 60 mL de hexano aquecido a 60°C, sendo posteriormente colocado em recipiente protegido da luz e armazenado em temperatura média -18ºC por 24 horas. Após este período, os extratos foram filtrados sob ação de vácuo e utilizados nos ensaios de determinações da atividade antioxidante e em dosagem de diferentes compostos.

Sequestro de radicais DPPH

A atividade sequestradora do radical estável 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH, Sigma Co., USA) foi determinada pelo método de Blois (1958). O extrato aceto-hexânico seco de cada amostra foi

dissolvido em etanol (75%) em diferentes concentrações (100, 250, 500 e 1000 µg/mL) e misturados com 5 mL da solução de DPPH ($1,5x10^{-4}$M). Após 30 minutos em repouso no escuro a temperatura ambiente, o extrato, foi submetido ao espectrofotômetro UV-Vis a um comprimento de onda de 517 nm. As análises foram realizadas em triplicata e o ácido gálico foi utilizado como controle. O cálculo da porcentagem de inibição do DPPH (I%) foi realizado de acordo com a fórmula: I%=[(Acontrole - Aamostra) / Acontrole] x 100 e os valores foram expressos como média e desvio padrão.

Efeito quelante de íon ferro

O efeito quelante de íon ferro dos extratos foi determinado pelo método de Dinis et al., (1994). Um volume de 740 µL de álcool metílico e 200 µL das amostras foram misturados com 20 µL de solução contendo 2 mM $FeCl_2$ (Vetec - Química Fina, Brasil). A reação foi iniciada pela adição de 40µL de 5 mM FerroZine (Sigma-Aldrich, Alemanha) e a incubação feita a temperatura ambiente por 10 min. As análises foram realizadas em triplicata e uma solução controle foi preparada com $FeCl_2$ e FerroZine. A absorbância da mistura foi mensurada a 562 nm. A porcentagem de inibição da formação do complexo FerroZine–Fe^{2+} foi calculada pela fórmula: I% = [(Abranco - Aamostra) / Abranco] x 100 e os valores foram expressos como média e desvio padrão.

Determinação dos componentes fenólicos

O conteúdo fenólico das diferentes variedades de *M. esculenta* foi analisado de acordo com o método de Folin-Ciocalteu modificado por Singleton e Rossi (1965). O extrato aceto-hexânico seco foi diluído em álcool etílico nas concentrações de 100, 250, 500 e 1000 µg/mL, para todas as amostras de mandioca. A cada 0,5 mL de extrato nas diferentes concentrações foram adicionados 5 mL de água destilada e 0,25 mL do reagente de Folin-Ciocalteu. Após 3 minutos, 1mL de solução de Na_2CO_3 a 10% foi adicionado e a mistura armazenada por 1 hora. As análises foram realizadas em triplicata e a absorbância mensurada a 725 nm. O teor de fenóis totais foi determinado por interpolação da absorbância das amostras contra uma curva de calibração construída com padrões de ácido gálico e expressos como mg de EAG (equivalentes de acido gálico) por g de extrato.

Determinação de zinco

Para a avaliação da presença e quantificação do zinco, amostras das variedades de *M. esculenta* (*in natura* e cozidas) foram trituradas e centrifugadas. O sobrenadante de cada amostra foi avaliado por meio de espectrometria de absorção atômica (Espectrômetro Perkin Elmer, modelo ASS 3300, USA). Os gases utilizados para a leitura foram o acetileno e ar comprimido, em análise de chama com lâmpadas de catodo oco de zinco e padrões de zinco (0,189; 0,377; 0,485; 0,624 ppm). Cada leitura foi realizada em triplicata, procedimento realizado de acordo com Santos et al., (2006).

Determinação de carotenoides, betacaroteno e licopeno

A quantificação de carotenoides, licopeno e betacaroteno foi determinada de acordo com a metodologia descrita por Zscheile e Porter (1947), baseada em análise espectrofotométrica. O extrato aceto-hexânico (80 mL) das diferentes amostras de mandioca foi transferido para um funil de separação de 250 mL. Após a separação das fases, foi eluído o imiscível basal, procedendo-se, por duas vezes a lavagem com água destilada e eluição do sobnadante. Em seguida, foi adicionado 20 mL de álcool metílico a 90%, efetuando-se a eluição do imiscível basal. Após a completa separação das fases, foi repetido o procedimento com as sequenciais adições de 20 mL de hidróxido de potássio a 20% e 20 mL de álcool metílico a 90%.

Após este processo, 0,5 mL da amostra foi diluído com hexano até o volume final de 10 mL. A leitura espectrofotométrica foi realizada no intervalo de absorbância entre 0,1 e 0,6 nm, considerado como confiável. Os teores de carotenoides totais, licopeno e betacaroteno foram obtidos pelas fórmulas:

$$Carotenóides\ (\mu g/g) = \frac{\log\left(\frac{I_0}{I}\right)(487nm)x\frac{diluição\ 1}{p.\ a.}x\frac{0,5}{diluição\ 2}x10^5}{181x1xp.a.}$$

Em que p.a. é o peso da amostra

$$Licopeno(\%) = \frac{\frac{\log\left(\frac{I_0}{I}\right)(502nm)}{\log\left(\frac{I_0}{I}\right)(487nm)}x181 - 42}{237}x100$$

$$Betacaroteno\ (\mu g/100g) - \frac{[100 - Licopeno\ (\%)]\ x\ Carotenóides\ (\mu g/g)}{100}$$

Análise estatística

A análise estatística foi realizada com o teste de normalidade de Shapiro-Wilks e homogeneidade de Levene. Os dados mostraram normalidade e as variâncias foram homogêneas, portanto, os dados foram analisados por meio de testes paramétricos ANOVA e Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Os cálculos foram realizados

utilizando software BioEstat 5.0 (Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, Brasil).

RESULTADOS

Atividade antioxidante dos extratos

Os resultados do teste antioxidante DPPH demonstraram diferenças na atividade sequestradora em relação às variedades da *M. esculenta,* bem como em relação ao processamento destas amostras, sendo uma alta atividade para a variedade rosada (*in natura*: 52,39%; cozida: 89,53%), moderada para a amarela (*in natura*: 24,98%; cozida: 59,76%) e baixa para a branca (*in natura*: 1,97%; cozida: 2,98%), e as cozidas revelando maior atividade que as amostras *in natura*. Além disso, as maiores porcentagens de atividade foram encontradas na concentração de 1000 µg/mL (Tabela 1).

Em relação ao efeito quelante do íon ferro, a maior atividade antioxidante encontrada foi para a amostra da variedade rosada cozida (63,43%) e o menor para a variedade amarela *in natura* (17,34%). A variedade branca (*in natura* ou cozida) não apresentou atividade sensível a este teste (Tabela 1).

Tabela 1. Atividade antioxidante dos extratos das variedades da *Manihot esculenta*.

Variedade de Mandioca	Processamento	Porcentagem de inibição ± D.P. contra radical DPPH				Capacidade quelante do íon Ferro (inibição% ± D.P)
		100 µg/mL	250 µg/mL	500 µg/mL	1000 µg/mL	1000 µg/mL
Branca	*in natura*	-	0,52±0,01a	1,21±0,16a	1,97±0,29a	-
	cozida	-	1,67±0,23b	2,08±0,23b	2,98±0,21b	-
Amarela	*in natura*	2,48±0,14a	3,29±0,03c	11,31±2,17c	24,98±3,67c	17,34±1,17a
	cozida	4,02±0,23a	6,12±0,38d	22,13±3,02d	59,76±3,19d	31,32±1,65b
Rosada	*in natura*	3,32±0,76a	14,22±0,12 e	34,07±2,14e	52,39±3,24d	31,17±1,44b
	cozida	7,13±1,21b	29,68±0,34f	53,21±2,33f	89,53±2,37e	63,43±1,23c
EDTA						96,30±0,59d
Ácido Gálico		ND	ND	89,01±0,11g	92,31±1,21e	

Valores expressos em média ± desvio padrão (n = 3); - = Sem atividade; ND = Não determinado; letras iguais na mesma coluna não diferiram significativamente pelo teste de Tukey. (α<0,05);

Componentes fenólicos totais e zinco dos extratos

Os componentes fenólicos totais e zinco dos extratos nas concentrações de 100, 250, 500 e 1000 µg/mL foram determinados (Tabela 2). Os maiores teores de fenóis totais foram encontrados nas amostras cozidas para todos os extratos avaliados. A variedade branca apresentou teores de componentes fenólicos de 3,27 (*in natura*) e 5,03 (cozida) mg EAG/g de extrato; a amarela com 53,17 (*in natura*) e 117,98 (cozida) mg EAG/g de extrato; e a rosada de 72,31 (*in natura*) e 136,12 (cozida) mg EAG/g de extrato. Em relação ao zinco, a variedade rosada apresentou 0,345 ppm (*in natura*) e 0,811 ppm (cozida); a amarela 0,216 ppm (*in natura*) e 0,416 ppm (cozida); e branca 0,116 ppm (*in natura*) e 0,178 ppm (cozida).

Tabela 2. Conteúdo de fenóis totais e zinco dos extratos das variedades da *Manihot esculenta*.

Variedade de Mandioca	Processamento	Conteúdo de Fenóis Totais (mg EAG/g de extrato ± D.P.)				Zinco (ppm ± D.P.)
		100 µg/mL	250 µg/mL	500 µg/mL	1000 µg/mL	
Branca	*in natura*	0,23±0,03a	0,69±0,01a	1,27±0,23a	3,27±0,77a	0,116±0,03a
	Cozida	0,68±0,07b	0,97±0,07a	2,14±0,97a	5,03±0,19a	0,178±0,02a
Amarela	*in natura*	3,47±0,07c	18,17±1,03b	30,32±1,23b	53,17±3,45b	0,216±0,02b
	Cozida	12,16±0,35d	40,09±3,04c	57,33±2,13c	117,98±9,47c	0,416±0,03c
Rosada	*in natura*	9,17±0,13d	17,02±0,90b	32,12±1,12b	72,31±3,24d	0,345±0,01c
	Cozida	21,02±1,27e	37,16±1,21c	68,49±2,47d	136,12±3,14e	0,811±0,03d

Valores expressos em média ± desvio padrão (n = 3); EAG = Equivalente de ácido gálico; Letras iguais na mesma coluna não diferiram significativamente pelo teste de Tukey (α<0,05).

Carotenoides, betacaroteno e licopeno dos extratos

Dentre os extratos das diferentes variedades de mandioca avaliadas, o obtido da variedade rosada cozida apresentou maior quantidade de pigmentos (carotenóide: 29,40 µg/g; betacaroteno: 9,14 µg/100g; licopeno: 68,92%) (Tabela 3). As análises quantitativas dos pigmentos avaliados revelaram a presença nas três variedades, sendo a maior concentração encontrada na variedade rosada, seguida da amarela e a branca, tanto para as amostras *in natura* como cozida. Em relação ao betacaroteno, a variedade amarela apresentou maior concentração.

Tabela 3. Conteúdo total de carotenoides, betacaroteno e licopeno dos extratos das variedades da *Manihot esculenta*.

Variedade	Processamento	Carotenoides (µg/g)	Betacaroteno (µg/100g)	Licopeno (%)
Branca	*in natura*	0,45	0,44	0,01
	Cozida	2,13	2,12	0,24
Amarela	*in natura*	7,98	7,24	9,25
	Cozida	17,76	14,74	17,03
Rosada	*in natura*	8,17	6,58	19,47
	Cozida	29,40	9,14	68,92

DISCUSSÃO

A mandioca tem sido o foco de pesquisa em algumas áreas-chave, devido à importância da cultura e seu emprego na alimentação humana e animal, além disso, apresenta um importante potencial de utilização em diferentes setores da economia de países produtores (COCK, 1985; TONUKARI, 2004).

O valor nutricional da raiz de mandioca foi recentemente analisado como uma valiosa fonte de carboidratos, enquanto a engenharia genética e melhoramento da cultura tradicional estão empenhados em aumentar seu teor de proteína e vitamina (MONTAGNAC et al., 2009). Diante disso, a investigação do potencial nutricional de diferentes variedades de mandioca contribui significativamente para melhoria da qualidade alimentar. Assim, os dados obtidos no presente estudo revelam que a variedade rosada apresenta maior atividade antioxidante e quantidade de compostos de interesse nutricional.

Estudos realizados por Sreeramulu e Raghunath (2010) demonstraram que a raiz de mandioca apresenta atividade antioxidante e uma quantidade significativa de compostos fenólicos, possivelmente relacionada com a capacidade de sequestro de radicais livres. Por outro lado, Eleazu et al., (2011) demonstrou que farinhas de diferentes variedades de mandioca também apresentam compostos fenólicos após o processamento do tubérculo. No entanto, a análise neste estudo tornou-se mais efeitva no que diz respeito à atividade antioxidante e de composição química de diferentes variedades de mandioca, pois o mesmo avaliou além das variedades também o processamento, a permanência e/ou alteração dos contituintes químicos e da atividade em relação ao processamento das amostras (Tabelas 1, 2 e 3).

Os extratos das amostras de mandioca foram testados para a sua atividade quelante de íons ferro em diferentes concentrações, e estes foram comparados com a atividade quelante do metal pelo composto sintético ácido etilenodiaminotetracético (EDTA), embora os extratos das variedades amarela e rosada tenham apresentado atividade quelante, independente do processamento, as mesmas foram menos eficazes do que o EDTA (Tabela 1). Estudos realizados por Orhan e Ustun (2011) e Loizzo et al (2012) demonstram uma alta correlação existente entre a quantidade de compostos fenólicos e a atividade redox e são responsáveis pela capacidade quelante do íon ferro, esta relação também pode ser observada no presente estudo (Tabela 1 e 2).

No presente estudo foi avaliado a presença e a quantidade de zinco disponível nas diferentes variedades de mandioca e processamentos (*in natura* e cozida), obtendo um maior valor para a variedade rosada cozida. Apesar de que na literatura, sejam pequenos os dados sobre a presença e quantificação de zinco na raiz de mandioca, a disponibilidade deste mineral para alimentação é

importante, pois de acordo com estudos realizados por King et al. (2000) o zinco está relacionado com várias funções no organismo, devido a sua atividade mediadora em reações bioquímicas e pela sua ação na estabilização de domínios de proteínas que interagem com DNA ou de proteínas com papel estrutural ou de sinalização. Além disso, Powell (2000) demonstra a participação do zinco no sistema de proteção antioxidante por meio de estudos *in vivo*, os quais demostram que a deficiência de zinco pode levar a lesões oxidativas relacionadas a ação de espécies reativas de oxigênio em animais e em humanos. Estes dados também podem estar correlacionados com a atividade antioxidante observada no presente estudo (Tabela 1).

Resultados obtidos em estudos realizados por Mezette et al (2009), Nassar et al (2009) e Oliveira et al (2010) demonstraram a presença de carotenoides e betacarotenos em diferentes variedades e cultivares de mandioca, principalmente na mandioca de mesa amarela, porém a avaliação da variedade rosada somente foi demonstrada no presente estudo, onde é possível observar uma significativa presença de pigmentos em comparação às outras variedades avaliadas independentemente do seu processamento (Tabela 3).

Outro ponto importante que se deve ressaltar no presente estudo é a possibilidade de se encontrar uma variedade de mandioca com maior quantidade de carotenoides e betacarotenos, pois de acordo com Fraser e Bramley (2004) e Dufossé et al (2005) o mercado de carotenoides em 2009 foi estimado em 1 bilhão de dólares, sendo o betacaroteno responsável por 30% desse mercado. Contudo, parte desse composto é produzida por síntese química e pequena parte utiliza rota biotecnológica ou é extraído de fontes vegetais. Além disso, os carotenoides e dentro deles os betacarotenos e licopenos estão diretamente correlacionados com a atividade antioxidante observada neste estudo. Isto pode ser afirmado considerando os estudos que demonstram que os carotenoides têm um importante potencial antioxidante (Stahl e Sies, 2005), sendo os principais carotenoides o licopeno (SHAMI; MORAIS, 2004) e betacaroteno (RICE-EVANS et al., 1996).

CONCLUSÃO

As variedades de mandioca avaliadas (amarela e rosada) apresentam quantidade de compostos fenólicos, pigmentos (carotenoides, betacarotenos e licopenos) e minerais (zinco) suficientes para atribuir atividade antioxidante a estas variedades, tanto para o processamento *in natura* como cozida, podendo assim, contribuir para diminuir os danos oxidativos e serem utilizadas como nutracêuticos ou diretamente ingeridas na dieta para manter a boa saúde.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Agronômico e Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios do município de Assis pela identificação e disponibilização das variedades de *M. Esculenta*, ao Laboratório de Fitoterápicos do Departamento de Ciências Biológicas da UNESP-Assis/SP, pela infra-estrutura e equipamentos cedidos.

ABSTRACT: There are cassava varieties that present compounds as carotenoids, beta-carotene, lycopene and minerals important for human and animal health. The present study evaluated the antioxidant activity of the white, yellow and pinkish varieties of *Manihot esculenta*, by mean of the DPPH test and by the ferrous ion-chelating activity. Furthermore, the total phenols, carotenoids, beta-carotene, lycopene and zinc contents were also determined. Utilizing the DPPH test it was possible to find that extracts of boiled samples presented higher antioxidant activity (89.53% - pinkish) in comparison to the fresh samples (1.97% - white). For the ferrous ion-chelating test, the highest activity was found for the boiled pinkish variety extract (63.43%) and the lowest was for fresh yellow extract (17.34%) the white sample did not present activity. The highest concentration of total phenols and zinc content was obtained for the boiled pinkish variety extract 136.12 mg EAG/g of extract and 0,811ppm, respectively, in the concentration of 1000 µg/mL. The pinkish variety presented also higher quantity of pigments, including carotenoid (29.40 µg/g), beta-carotene (9.14 µg/100g) and lycopene (68.92%). According to the results obtained in this study it was possible to conclude that the yellow and pinkish varieties of *M. esculenta* present quantity of phenolic compounds and minerals sufficient to attribute the antioxidant activity and may thus contribute to reduce oxidative damage and be used as nutraceuticals or directly ingested in the diet to maintain good health.

KEYWORDS: Cassava. Nutraceuticals. Free radical scavenging. Food Processing. DPPH. Folin-Ciocalteu.

REFERÊNCIAS

BARBOSA - PEREIRA, L.; ANGULO, I.; PASEIRO - LOSADA, P.; CRUZ, J. M. Phenolic profile and antioxidant properties of a crude extract obtained from a brewery waste stream. **Food Research International**, Essex, doi: 10.1016/j.foodres.2013.01.042, 2013.

BLAGBROUGH, I. S.; BAYOUMI, S. A. L.; ROWAN, M. G.; BEECHING, J. R. Cassava: An appraisal of its phytochemistry and its biotechnological prospects. **Phytochemistry**, New York, v. 71, p. 1940-1951, 2010.

BLOIS, M. S. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. **Nature**, London, v. 181, p. 1199-1200, 1958.

CEBALLOS, H.; SANCHEZ, T.; CHAVEZ, A. L.; IGLESIAS, C.; DEBOUCK, D.; MAFLA, G.; TOHME, J. Variation in crude protein content in cassava (*Manihot esculenta* Crantz) roots. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 19, p. 589-593, 2006.

CEBALLOS H.; LUNA, J.; ESCOBAR, A. F.; ORTIZ, D.; PÉREZ, J. C.; SÁNCHEZ, T.; PACHÓN, H.; DUFOUR, D. Spatial distribution of dry matter in yellow fleshed cassava roots and its influence on carotenoid retention upon boiling. **Food Research International**, Essex, v. 45, p. 52-59, 2012.

CENCIC, A.; CHINGWARU, W. The role of functional foods, nutraceuticals, and food supplements in intestinal health. **Nutrients**, Basel, v. 2, p. 611-625, 2010.

CENI, G. C.; COLET, R.; PERUZZOLO, M.; WITSCHINSKI, F.; TOMICKI, L.; BARRIQUELLO, A. L.; VALDUGA, E. Avaliação de componentes nutricionais de cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 20, p. 107-111, 2009.

CHARLES, A. L.; HUANG, T. C.; CHANG, Y. H. Structural analysis and characterization of a mucopolysaccharide isolated from roots of cassava (*Manihot esculenta* Crantz L.). **Food Hydrocolloids**, Wrexham, v. 22, p. 184-191, 2008.

COCK, J. H. **Cassava: New Potential for a Neglected Crop.** Boulder: Westfield Press, 1985. 191p.

DINIS, T. C. P.; MADEIRA, V. C. M.; ALMEIDA, L. M. Action of phenolic derivates (acetaminophen salicylate and 5- aminosalicylate) as inhibitors of membrane lipid peroxidation radical scavengers. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, New York, v. 315, p. 161-169, 1994.

DUFOSSÉ, L.; GALAUP, P.; YARON, A.; ARAD, S. M.; BLANC, P.; MURTHY, K. N. C.; RAVISHANKAR, G. A. Microorganisms and microalgae as sources of pigments for food use: a scientific oddity or an industrial reality? **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 16, p. 389-406, 2005.

ELEAZU, C. O.; AMAJOR, J. U.; IKPEAMA, A. I.; AWA, E. Studies on the nutrient composition, antioxidant activities, functional properties and microbial load of the flours of 10 elite cassava (*Manihot esculenta*) varieties. **Asian Journal of Clinical Nutrition**, New York. v. 3, p. 33-39, 2011.

FAVARO, S. P.; BELEIA, A.; JUNIOR, N.; WALDRON, K. W. The roles of cell wall polymers and intracellular components in the thermal softening of cassava roots. **Food Chemistry**, Barking, v. 108, p. 220-227, 2008.

FRASER, P. D.; BRAMLEY, P. M. The biosynthesis and nutritional uses of carotenoids. **Progress in Lipid Research**, Oxford, v. 43, p. 228-265, 2004.

KING, J. C.; SHAMES, D. M.; WOODHOUSE, L. R. Zinc Homeostasis in Humans. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 130, p. 1360-1366, 2000.

LOIZZO, M. R.; TUNDIS, R.; BONESI, M.; MENICHINI, F.; MASTELLONE, V.; AVALLONE, L.; MENICHINI F. Radical scavenging, antioxidant and metal chelating activities of *Annona cherimola* Mill. (Cherimoya) peel and pulp in relation to their total phenolic and total flavonoid contents. **Journal of Food Composition and Analysis,** San Diego, doi:10.1016/j.jfca.2011.09.002, 2012.

MEZETTE, T. F.; CARVALHO, C. R. L.; MORGANO, M. A.; SILVA, M. G.; PARRA, E. S. B.; GALERA, J. M. S. V.; VALLE, T. L. Seleção de clones-elite de mandioca de mesa visando a características agronômicas, tecnológicas e químicas. **Bragantia,** Campinas, v. 68, p. 601-609, 2009.

MONTAGNAC, J. A.; DAVIS, C. R.; TANUMIHARDJO, S. A. Nutritional value of cassava for use as a staple food and recent advances for improvement. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, Malden, v. 8, p. 181-194, 2009.

NASSAR, N. M. A. Wild cassava, Manihot spp. to improve the crop. **Gene Conserve**, Brasília, v. 25, p. 387-414, 2007.

NASSAR, N. M. A.; VIZZOTTO, C. S.; SCHWARTZ, C. A.; PIRES, O. R. Cassava diversity in Brazil: The case of carotenoid-rich landraces. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 6, p. 116-121, 2007.

NASSAR, N. M. A.; ORTIZ, R. Cassava genetic resources: manipulation for crop improvement. **Plant Breeding Reviews***,* v. 31, p. 247-275, 2008.

NASSAR, N. M. A.; HASHIMOTO, D. Y. C.; FERNANDES, S. D. C. Wild Manihot species: botanical aspects, geographic distribution and economic value. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 7, Ribeirão Preto, p. 16-28, 2008.

NASSAR, N. M. A.; FERNANDES, P. C.; MELANI, R. D.; PIRES JÚNIOR, O. R. Amarelinha do Amapá: a carotenoid-rich cassava cultivar. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 8, p. 1051-1055, 2009.

OLIVEIRA, R. G. A.; CARVALHO, M. J. L.; NUTTI, R. M.; CARVALHO, L. V. J.; FUKUDA, W. G. Assessment and degradation study of total carotenoid and ß-carotene in bitter yellow cassava (*Manihot esculenta* Crantz) varieties african. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 4, p. 148-155, 2010.

ONYESOM, I.; OKOH, P. N. Quantitative analysis of nitrate and nitrite contents in vegetables commonly consumed in Delta State. **British Journal of Nutrition**, London, v. 96, p. 902-905, 2006.

ORHAN, I.; USTUN, O. Determination of total phenol content, antioxidant activity and acetylcholinesterase inhibition in selected mushrooms from Turkey. **Journal of Food Composition and Analysis,** San Diego, v. 24, p. 386-390, 2011.

POWELL, S. R. The antioxidant properties of zinc. **The Journal of Nutrition**, Pennsylvania v. 130, p. 1447-1454, 2000.

PURSEGLOVE, J. W. **Tropical Crops: Dicotyledons.** London: Longmans, Green and Co. Ltd, 1968. 332p.

RICE-EVANS, C. A.; MILLER, N. J.; PAGANGA, G. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. **Free Radical Biology and Medicine**, New York, v. 20, p. 933-956, 1996.

ROGERS, D.; APPAN, S. **Flora Neotropica Monograph.** New York: Hafner Press, 1973. 272p.

SANTOS, D. M.; BOSSINI, J. A. T.; PREUSSLER, K. H.; VASCONSELOS, E. C.; CARVALHO-NETO F. S.; CARVALHO-FILHO, M. A. S. Avaliação de metais pesados na Baía de Paranaguá, PR, Brasil, sob influência das atividades antrópicas. **Journal of the Brazilian Society of Ecotoxicology**, Porto Alegre. v. 1, p. 157-160, 2006.

SHAMI, N. J. I. E.; MORAIS, E. A. M. Licopeno como agente antioxidante. **Revista Nutrição**, Campinas, v. 17, p. 227-236 2004.

SINGLETON, V. L.; ROSSI JR., J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolibdic- phosphotungtic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 16, p. 144-158, 1965.

SREERAMULU, D.; RAGHUNATH, M. Antioxidant activity and phenolic content of roots, tubers and vegetables commonly consumed in India. **Food Research International**, Essex, v. 43, p. 1017-1020, 2010.

STAHL, W.; SIES, H. Bioactivity and protective effects of natural carotenoids. **Biochimica Biophysica Acta**, Amsterdam, v. 1740, p. 101-107, 2005.

TONUKARI, N. J. Cassava and the future of starch. **Electronic Journal of Biotechnology**, Valparaíso, v. 7, p. 5-8, 2004.

UUSIKU, N. P.; OELOFSE, A.; DUODU, K. G.; BESTER, M. J.; FABER, M. Nutritional value of leafy vegetables of sub-Saharan Africa and their potential contribution to human health: A review. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 23, p. 499-509, 2010.

ZSCHEILE, F. P., & PORTER, J. W. Analytical methods for carotenes of lycopersicon species and strains. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 19, p. 47-51, 1947.