

DETERMINAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE *IN VITRO* E *IN VIVO* DO TUCUM (*Astrocaryum vulgare* Mart)

DETERMINATION OF ANTIOXIDANT ACTIVITY *IN VITRO* AND *IN VIVO* DO TUCUM (*Astrocaryum vulgare* Mart)

POLLIANA FARIAS MARINHO DA CUNHA¹, ANA KAROLINNE DA SILVA BRITO², GLEYSON MOURA DOS SANTOS³, MARIA DO CARMO DE CARVALHO E MARTINS⁴, RAYSSA GABRIELA COSTA LIMA PORTO^{5*}

1. Nutricionista; 2. Nutricionista, Especialista pelo Programa de Residência Multiprofissional em Saúde do Hospital Universitário da UFPI, Mestranda em Farmacologia (UFPI); 3. Nutricionista, Mestrando em Ciências e Saúde (UFPI), Pós-graduando em Fitoterapia Aplicada à Nutrição (UCAM); 4. Nutricionista, Mestre em Fisiologia (UFPE), Doutora em Ciências Biológicas (UFPI), Professora associada do Departamento de Biofísica e Fisiologia da Universidade Federal do Piauí. Professora e orientadora dos Programas de Mestrado e Doutorado em Alimentos e Nutrição, e Mestrado em Farmacologia da Universidade Federal do Piauí e do Mestrado Profissional em Saúde da Família do Centro Universitário UNINOVAFAP. Professora da Faculdade de Ensino Superior de Floriano; 5. Nutricionista, Mestre e Doutoranda em Alimentos e Nutrição (UFPI), Professora Efetiva do Instituto Federal do Maranhão – IFMA.

*Universidade Federal do Piauí, Pró-reitora de Ensino de Pós-graduação, Campus Universitário Ministro Petrônio Portela, Ininga, Bloco 06, Teresina, Piauí, Brasil. CEP: 64049-550. rayssaporto@hotmail.com

Recebido em 26/08/2017. Aceito para publicação em 05/09/2017

RESUMO

Tendo em vista o aumento das doenças crônicas, particularmente, a obesidade, e sua relação com o aumento de radicais livres, este estudo teve como objetivo avaliar a atividade antioxidante *in vitro* e *in vivo* do tucum. O potencial antioxidante do extrato metanólico e aquoso do tucum isoladamente ou em combinação com a ração padrão foi avaliado em sistema de varredura do radical 2,2'-difênil-1-picrilhidrazilo (DPPH) e em ensaio *in vivo*. No sistema DPPH, todas as amostras apresentaram elevada atividade antioxidante. Para o estudo *in vivo*, utilizando ratos Wistar em grupos controle e obeso, suplementados com ração padrão, ou enriquecida com polpa de tucum triturada por 60 dias e analisados os tecidos hepáticos. Houve o aumento na peroxidação lipídica e diminuição das enzimas antioxidantes no fígado dos animais do grupo controle tucum comparados aos demais grupos, no entanto, foi observado que os animais do grupo obeso tucum, apresentaram menor peroxidação lipídica e aumento das enzimas antioxidantes. A partir destes resultados, pode-se concluir que o tucum apresenta elevada atividade antioxidante *in vitro*, além de provocar efeitos positivos na peroxidação lipídica e no sistema antioxidante em modelo de obesidade experimental, porém, em organismos saudáveis, o tucum exerceu aumento do estresse oxidativo.

PALAVRAS-CHAVE: Alimento funcional, radicais livres, antioxidantes.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the *in vitro* and *in vivo* antioxidant activity of the tucum, in view of the increase in chronic diseases, particularly obesity and its relation with the growth of free radicals. The antioxidant potential of the methanolic and aqueous extract of the tucum alone or in combination with the standard feed was evaluated in a 2,2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scanning system

and *in vivo* assay. In the DPPH system, all the samples showed high antioxidant activity. For *in vivo* study using Wistar rats in control and obese groups, supplemented with standard feed, or enriched with tucum pulp triturated for 60 days and analyzed liver tissues. There was an increase in lipid peroxidation and a decrease in the antioxidant enzymes in the liver of the tucum control group compared to the other groups. However, it was observed that the animals of the obese tucum group had lower lipid peroxidation and increased antioxidant enzymes. From these results, it can be concluded that the tucum has high antioxidant activity *in vitro*, also provoking positive effects on lipid peroxidation and antioxidant system in experimental obesity model, but in healthy organisms, the tucum exerted an increase of oxidative stress.

KEYWORDS: Functional food, free radicals, antioxidants.

1. INTRODUÇÃO

As Doenças Crônicas Não Transmissíveis (DCNT) tais como, doenças cardiovasculares, câncer, diabetes e doenças respiratórias crônicas têm gerado elevado número de mortes prematuras, perda de qualidade de vida e ocasionado impactos econômicos negativos para as famílias, indivíduos e a sociedade em geral. Elas são hoje responsáveis por 72% da mortalidade no Brasil e mais prevalentes entre as pessoas de baixa renda, por estarem mais expostas aos fatores de risco e terem menos acesso aos serviços de saúde. O aumento da carga de DCNT reflete os efeitos negativos da globalização, urbanização rápida, vida sedentária, alimentação com alto teor calórico e do marketing que estimula o uso do tabaco e do álcool¹.

A obesidade é considerada uma doença multifatorial, ocasionada principalmente por fatores genéticos e ambientais, constituindo condição de risco para outras DCNT como diabetes, doenças cardiovasculares e câncer^{2,3}.

Diversas DCNT têm sido associadas ao desequilíbrio da produção de radicais livres e antioxidantes. Os radicais livres são altamente reativos ao DNA causando modificações em sua estrutura original, levando a estados patológicos ou apoptose. Desta forma, uma boa alternativa para a proteção contra radicais livres, prevenção e tratamentos de doenças, é o consumo de alimentos que contenham em sua composição compostos bioativos como antioxidantes⁴. Segundo Santos *et al.* (2014)⁵ o consumo de frutas e verduras auxiliam na prevenção de diversas DCNT, dentre elas, a obesidade.

O tucum (*Astrocaryum vulgare* Mart.) pertencente à família da *Arecaceae* (Palmeiras), conhecido popularmente pelo nome de tucumanzeiro é um fruto normalmente elipsóide, alaranjado, quando maduro apresentam de 3 a 5 cm de comprimento e possui um odor característico. A polpa alaranjada de 2 a 4 mm de espessura, de consistência pastoso-oleosa apresenta uma característica fibrosa. O fruto serve para a alimentação humana e animais domésticos, dos quais o mesocarpo (polpa) é considerado uma fonte alimentícia altamente calórica, devido ao elevado conteúdo de lipídios, apresenta ainda quantidade expressiva do precursor da vitamina A, teores satisfatórios de fibras e vitamina E⁶⁻¹¹.

Nesse contexto, tendo em vista o aumento das doenças crônicas, particularmente, a obesidade, e sua relação com o aumento de radicais livres, é oportuno analisar o efeito do tucum a fim de verificar sua influência no estresse oxidativo induzido pela obesidade experimental. Diante disso, objetivou-se com o presente estudo avaliar a atividade antioxidante *in vitro* e *in vivo* do tucum.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Local e Período do Estudo

Trata-se de um estudo experimental com abordagem analítica, realizado no Laboratório de Fisiologia do Departamento de Biofísica e Fisiologia da Universidade Federal do Piauí no período de setembro de 2012 a agosto de 2013.

Aspectos Éticos

O projeto de estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Experimentação Animal da Universidade Federal do Piauí (parecer CEEA 80/2012) e todos os procedimentos aqui descritos seguiram os princípios éticos de experimentação animal definidos pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA).

Obtenção da Matéria-Prima

A matéria-prima utilizada no estudo foi coletada no município de Alto Longá no interior do Piauí, no qual foram armazenados em sacos de polietileno e transportados para o laboratório. Em seguida, os

mesmos foram selecionados, descartando os deteriorados, pré-lavados em água corrente e sanitizados em solução clorada (200ppm) por 15 minutos. Após, foram lavados em água corrente e despulpados e a polpa (amêndoa) armazenada sob refrigeração em freezer convencional.

Protocolo Experimental

Animais

Foram utilizados ratos (*Rattus norvegicus*) albinos, machos e fêmeas, da linhagem Wistar, com idade de 90 dias. Cada grupo experimental foi composto de 5 a 7 animais, que foram mantidos em gaiolas coletivas com dieta de manutenção (ração padrão comercial para ratos) e água *ad libitum*, em sala climatizada com temperatura ambiente de 25 °C e foto período de 12 horas de claro e 12 horas de escuro desde o desmame (aos 21 dias) até o início dos experimentos, quando foram colocados em gaiolas metabólicas individuais, e recebendo ração conforme grupo experimental em que estavam alocados, o tratamento teve duração de 30 dias.

Grupo de Estudo

Os animais foram distribuídos de forma aleatória em quatro grupos: Controle Padrão (animais não obesos tratados com ração padrão), Controle Tucum (animais normais tratados com ração suplementada com tucum), Obeso Padrão (animais obesos tratados com ração padrão) e Obeso Tucum (animais obesos tratados com ração suplementada com tucum).

Preparação da ração suplementada

O tucum foi triturado e acrescentado à ração padrão para ratos (ração Purina labina), também triturada, na proporção de 10 g de amêndoa para cada 100 g do peso total da ração. O procedimento foi realizado semanalmente e após o preparo da ração enriquecida, esta foi mantida em recipiente fechado e acondicionada na geladeira. Diariamente foi colocada nos comedouros das gaiolas metálicas a quantidade de 100 g de ração padrão ou ração enriquecida com tucum, conforme o grupo experimental. A quantidade ingerida de ração foi determinada pela diferença entre quantidade de ração colocada no comedouro e a quantidade restante 24 horas depois.

Indução da Obesidade

Para indução de obesidade os animais, a partir do segundo dia após o nascimento, foram tratados durante 5 dias consecutivos com monoglutamato de sódio 4 mg/g de peso corporal s.c. ou água destilada¹². Os experimentos foram iniciados quando os animais estavam com 12 semanas de idade.

Eutanásia e coleta de material para determinações bioquímicas

Ao final do tratamento, os animais foram eutanasiados com super dosagem de tiopental sódico (100 mg/kg) por via intraperitoneal. Em seguida foram

obtidas amostras de sangue para determinações bioquímicas.

Avaliação da atividade antioxidante *in vivo*

A atividade antioxidante foi avaliada através da determinação da atividade de catalase e quantificação de grupos sulfidrilícos não proteicos (GSHNP) no tecido hepático^{13,14}. Na qual a quantificação foi realizada por decomposição do peróxido de hidrogênio mediante decréscimo da densidade ótica a 230 nm, com a redução da absorvância acompanhada por espectrofotometria. A glutatona reduzida foi avaliada em homogenato de tecido hepático a 10% em EDTA 0,02 M, e o ensaio realizado em tampão Tris 0,4 M, pH 8,9, na presença de DNTB 0,1 M. A leitura das amostras foi realizada em espectrofotômetro em 412 nm¹⁵. O nível de peróxidos lipídicos foi determinado pela medida da produção de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBA) – SRAT, de acordo com o método descrito por Ohkawa *et al.* (1979)¹⁶, adaptado por Andrade-Wharta (2007)¹⁷.

Dosagem dos níveis hepáticos de malondialdeído (MDA)

As concentrações do MDA foram determinadas através do método do ácido tiobarbitúrico (TBARS), seguindo-se método descrito por Ohkawa *et al.* (1979)¹⁶ adaptado por Andrade-Wharta (2007)¹⁷, com algumas modificações. Os resultados de MDA hepático foram expressos em μMol de MDA/mg de proteína.

Determinação da atividade antioxidante *in vitro*

A obtenção dos extratos aquosos e metabólicos do tucum, ração padrão e enriquecida com a amêndoa foi realizada pelo método de extração sequencial. As amostras foram homogeneizadas durante uma hora, sendo, em seguida, filtradas em funil de Büchner com auxílio de uma bomba de vácuo. O resíduo proveniente da filtração foi seco, pesado e submetido à extração com o solvente subsequente.

A atividade antioxidante foi realizada segundo o método de Blois (1958)¹⁸ adaptado por Brand-Willians; Cuvelier; Berset (1995)¹⁹ e Lima (2008)²⁰, que se baseia na redução do radical [2,2 difenil-1-picril-hidrazil (DPPH)], que ao fixar um H^+ . (removido do antioxidante em estudo), leva a uma diminuição da absorvância, permitindo calcular, após o estabelecimento do equilíbrio da reação, a quantidade de antioxidante gasta para reduzir 50% do radical DPPH. Para isto, preparou-se uma solução metanólica de DPPH a $6 \times 10^{-5} \text{M}$, a qual foi acrescida a cada um dos extratos, na concentração de 2.800 ppm, e após 30 min realizou-se a leitura em espectrofotômetro a 517 nm, e logo em seguida realizou-se a leitura após 60 min. A queda na leitura da densidade ótica das amostras foi correlacionada com o controle, estabelecendo-se a porcentagem de descoloração do radical DPPH conforme a fórmula a seguir apresentada.

$$\% \text{ de proteção} = (\text{Abs}_{\text{controle}} - \text{Abs}_{\text{amostra}}) \times 100 / \text{Abs}_{\text{controle}}$$

O ensaio TBARS não foi possível ser realizado, devido à falta da amostra por conta da sazonalidade da frutificação.

Análise estatística

Os dados foram representados como média e erro padrão da média (EPM). A análise estatística foi realizada mediante aplicação do teste t pareado para comparar as diferenças dentro dos grupos, e ANOVA seguida de pós-teste de Tukey para comparação entre grupos. O nível de significância foi estabelecido em $p < 0,05$.

3. RESULTADOS

A análise da atividade antioxidante *in vitro* do fruto de tucum pelo método do DPPH revelou atividade antioxidante pela capacidade de sequestrar o radical livre DPPH, tanto no extrato aquoso quanto no extrato metanólico da ração padrão e da ração enriquecida com tucum.

Em relação à atividade antioxidante *in vitro*, todos os extratos, tanto os da ração padrão, ração tucum e da polpa, apresentaram atividade antioxidante (Tabela 1). Dentre os extratos, o que apresentou maior atividade antioxidante, comparado aos demais grupos, foi o extrato aquoso da ração enriquecida com polpa de tucum, podendo tal capacidade está associada com a presença de compostos fenólicos, carotenóides, vitamina A e E, além de ácido ascórbico, na amêndoa.

O extrato aquoso do tucum apresentou diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) comparado ao extrato metanólico do mesmo, isso pode ser justificado pela propriedade lipofílica presente na amêndoa.

Tabela 1. Atividade antioxidante *in vitro* de extrato aquoso e metanólico da ração padrão, ração tucum e do tucum.

EXTRATOS	% Atividade Antioxidante (%AA)		
	Ração Padrão (%)	Ração Tucum (%)	Tucum
Aquoso	91,23±0,46 ^{aA}	94,22±4,17 ^{aA}	36,63±4,91 ^{aB}
Metanólico	45,64± 6,34 ^{bA}	79,69± 3,66 ^{bB}	84,14±2,48 ^{bB}

Média de três repetições; Letras minúsculas iguais entre as linhas e letras maiúsculas iguais entre as colunas não apresenta diferença significativa entre as médias, segundo o teste t não pareado ao nível de $p < 0,05$. Fonte: Dados da Pesquisa, Teresina – PI, 2013.

Na tabela 2, estão apresentados os valores referentes ao ganho de peso, consumo e gordura retro peritoneal dos animais. O grupo controle tucum apresentou diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$), comparado aos demais grupos, indicando que o ganho de peso foi maior em ratos saudáveis que consumiram a ração tucum, contudo, a média da gordura retro peritoneal dos ratos do grupo obeso padrão, foi maior comparada aos grupos controle

padrão e controle tucum. Não foram constatadas diferenças estatisticamente significativas no consumo de ração entre os grupos, indicando que esse parâmetro não influenciou os resultados do estudo.

Tabela 2. Ganho de peso, consumo e gordura retro peritoneal de ratos obesos e normais adultos alimentados durante 30 dias com ração padrão ou ração enriquecida com tucum.

DIETA	Ganho de Peso (média ± EPM)	Gordura Retro peritoneal (média ± EPM)	Consumo (média ± EPM)
Controle Padrão	27,29±9,54 ^a	0,40±0,10 ^a	32,40± 37,59 ^a
Controle Tucum	48,80±14,40 ^b	0,64±0,23 ^a	37,59± 5,21 ^a
Obeso Padrão	16,03±10,92 ^a	0,98± 0,26 ^b	28,06± 2,38 ^a
Obeso Tucum	21,30± 7,10 ^a	0,62±0,20 ^a	30,41± 3,18 ^a

Média de três repetições; Letras minúsculas iguais entre as linhas não apresenta diferença significativa entre as médias, segundo o teste de *tukey* ao nível de $p < 0,05$. Fonte: Dados da Pesquisa, Teresina – PI, 2013.

Tabela 3. Concentração plasmática de MDA, de grupos sulfidril não proteicos (GSHNP) e de Catalase, em tecido hepático de ratos obesos e normais adultos alimentados durante 30 dias com ração padrão ou ração enriquecida com tucum.

DIETA	MDA ($\mu\text{mol/ml}$) (média ± EPM)	GSHNP ($\mu\text{mol/min.mg}^{-1}$ tecido hepático) (Média ± EPM)	Catalase ($\mu\text{M/g}$ tecido) (Média ± EPM)
Controle Padrão	2,18±0,67 ^a	138,3± 56,82 ^a	110,4± 19,21 ^a
Controle Tucum	4,54±1,14 ^b	51,23± 10,62 ^b	175,5± 87,45 ^a
Obeso Padrão	2,53±0,63 ^a	195,3± 85,91 ^a	137,4± 13,73 ^a
Obeso Tucum	1,86±0,51 ^a	153,3± 49,59 ^a	139,0± 25,87 ^a

Média de três repetições; Letras iguais entre as linhas não apresenta diferença significativa entre as médias, segundo o teste de *tukey* ao nível de $p < 0,05$. Fonte: Dados da Pesquisa, Teresina – PI, 2013.

Na Tabela 3 são apresentados os resultados relativos às concentrações plasmáticas de MDA, glutatona e de catalase em animais obesos e normais após 30 dias de tratamento com ração padrão para ratos ou com ração enriquecida com tucum. Com relação ao MDA, foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre o grupo controle tucum com os demais grupos. Quanto à avaliação da atividade antioxidante, no que se refere à atividade da glutatona, o grupo controle tucum foi o único que apresentou diferenças estatisticamente significativas. Em relação a catalase (nmol/g), não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos.

4. DISCUSSÃO

O extrato aquoso do tucum apresentou diferença quando comparado ao extrato metanólico do mesmo, podendo ser justificado pela propriedade lipofílica

presente na amêndoa. Sales (2011)²¹ avaliou a atividade antioxidante da ração enriquecida com aveia, linhaça, gergelim, semente de girassol e jatobá, os resultados obtidos em ensaio de DPPH em extrato aquoso da ração suplementada foi de $13,3 \pm 2,6 \mu\text{g/ml}$. Evidenciando uma atividade antioxidante inferior à ração padrão, a ração suplementada com tucum, e a amêndoa tucum, do referido estudo.

Avaliando a capacidade antioxidante das polpas de tucumã após diferentes tempos e tipos de armazenamento, Vieira *et al.* (2017)²² obteve pelo método de DPPH, o valor de $228,9 \mu\text{g/ml}$, apresentando resultado bem superior ao respectivo estudo. No entanto, ao estudar a capacidade antioxidante das frutas e polpas de frutas nativas comerciais, Gonçalves (2008)²³ obteve pelo método de DPPH, o valor de $131 \mu\text{g/ml}$ para o tucum, demonstrando um valor significativo da capacidade antioxidativa, comparado com outros frutos nativos analisados pelo estudo do autor citado.

O método DPPH tem sido muito utilizado para avaliar a capacidade antioxidante de frutas. O método apresenta vantagens quando os antioxidantes analisados são mais solúveis em solventes orgânicos, e por ser um radical livre estável, está disponível comercialmente, o que evita sua geração por distintas formas (como ocorre com o método ABTS), além de facilitar seu uso²⁰.

Os ensaios de capacidade antioxidante *in vitro* são importantes para verificar se há ou não correlação entre potentes antioxidantes e os níveis de estresse oxidativo, é necessário enfatizar que os ensaios realizados *in vitro* são limitados e não existe nenhuma similaridade com sistemas biológicos reais²⁴.

Nessa perspectiva, é de fundamental importância à realização de um ensaio *in vivo*, para complementar os resultados obtidos, visto que tal modelo sofre influência do organismo biológico.

Hariri & Thibault (2010)²⁵ demonstraram em estudos epidemiológicos relação positiva entre a ingestão de gordura e obesidade. Uma vez que os ratos e camundongos mostram semelhança, eles são considerados para modelo adequado no estudo da obesidade dietética.

Com relação ao ganho de peso, consumo e gordura retro peritoneal dos animais, os resultados indicaram que o ganho de peso foi maior em ratos saudáveis que consumiram a ração tucum, no entanto, a média da gordura retro peritoneal dos ratos do grupo obeso padrão, foi maior comparada aos grupos controle padrão e controle tucum.

Lima *et al.* (2007)²⁶ cita que em humanos, é sabido que a gordura distribuída na cavidade visceral tem maior impacto negativo à saúde que aquela distribuída por todo o corpo. A gordura visceral leva a uma série de alterações metabólicas, como a produção de adipocinas e/ou diminuição do metabolismo do cortisol, que podem resultar em um aumento da pressão arterial e da resistência periférica à ação da insulina.

O malondialdeído (MDA) constitui um dos

produtos finais da peroxidação lipídica e tem sido utilizado como medida cumulativa deste processo²⁷. Em dietas hipercolesterolêmicas, o fígado é afetado pelo estresse oxidativo, como resultado do desequilíbrio entre a produção de radicais livres e a efetividade do sistema de defesa antioxidante²⁸. Nesse sentido, o estresse oxidativo pode levar à oxidação de biomoléculas e consequente desequilíbrio homeostático, o que implica em potenciais danos oxidativos em células e tecidos. Este processo oxidativo está envolvido na etiologia de várias DCNT, sobretudo as doenças cardiovasculares e os cânceres^{29,27}.

Com relação ao MDA, verificou-se diferenças entre o grupo controle tucum com os demais grupos, este resultado pode sugerir que o fruto tucum aumenta a peroxidação lipídica em organismos saudáveis. Meydani (1996)³⁰ cita que o consumo aumentado de ácidos graxos polinsaturados favorece a peroxidação lipídica *in vivo*. A minimização desses riscos só acontece a partir da utilização de níveis apropriados desses compostos.

A menor média de peroxidação lipídica encontrada, foi no grupo obeso tucum, possivelmente por causa do elevado conteúdo de antioxidantes dessa amêndoa, levando a sugerir que o tucum possui uma resposta antioxidante mais eficaz em modelo onde o estresse oxidativo está aumentado.

Embora se saiba que os ácidos graxos insaturados são mais suscetíveis à oxidação, Kris-Etherton *et al.* (2002)³¹ enfatizaram que as amêndoas são ricas em antioxidantes que protegem esses ácidos graxos das modificações oxidativas *in vivo*. Isso pode explicar, em parte, a menor peroxidação constatada no fígado dos animais do grupo obeso tucum.

Jenkins *et al.* (2008)³² avaliaram o efeito da ingestão de amêndoas nos marcadores do dano oxidativo em homens hiperlipidêmicos e mulheres na pós menopausa (n=27), e concluíram que as amêndoas têm potencial antioxidante, fato que foi demonstrado a partir da redução do MDA sérico.

A determinação da peroxidação lipídica pelo teste de TBARS, apesar de ser sensível, não é um método muito específico, visto que o MDA não é a única substância reativa ao ácido tiobarbitúrico, existindo técnicas mais modernas que avaliam este parâmetro, contudo, essas metodologias são mais dispendiosas e demandam mais tempo limitando assim o seu uso.

Quanto à avaliação da atividade antioxidante, no que se referem à atividade da glutathione, os resultados podem indicar que em organismos saudáveis, o consumo de tucum exerce um efeito negativo sobre essa enzima. Em relação à catalase, tais achados sugerem que no presente estudo não há relação entre a atividade desta enzima no tecido hepático com a atividade antioxidante presente em nenhuma das rações em estudo.

5. CONCLUSÃO

Com base nos resultados apresentados, permite-se concluir que o tucum isoladamente ou em combinação

com a ração padrão utilizada apresentou elevada atividade antioxidante *in vitro*. A obesidade induzida no estudo foi satisfatória, levando em consideração os resultados obtidos. Verificou-se no presente estudo, que a ingestão de ração enriquecida com tucum reduziu os marcadores de peroxidação lipídica (MDA) e elevou níveis da enzima antioxidante glutathione em modelo experimental de obesidade não apresentando resultados satisfatórios nos demais tratamentos.

Desta forma, estudos complementares fazem-se necessários para verificar se dietas com outras proporções do alimento utilizados na suplementação poderiam ter efeitos benéficos na peroxidação lipídica, e ainda para investigar possíveis efeitos benéficos do tucum sobre o controle metabólico de ratos obesos ao testar isoladamente os carotenoides, fenólicos ou outros compostos bioativos dessa espécie sobre os parâmetros metabólicos.

6. REFERÊNCIAS

- [1] Malta DC. Doenças crônicas não transmissíveis, um grande desafio da sociedade contemporânea. Ciências de saúde coletiva 2014; 19(1): 04.
- [2] World Health Organization (WHO). Obesity and overweight. 2015. [acesso 01 ago. 2017]. Disponível em: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/>
- [3] Organização Pan-Americana de Saúde/ Organização Mundial da Saúde (OPAS/OMS). Obesidade como fator de risco para morbidade e mortalidade: evidências sobre o manejo com medidas não medicamentosas. OPAS/OMS 2016; 1(7): 1-10.
- [4] Morais ML, Silva ACR, Araújo CRR, *et al.* Determinação do potencial antioxidante *in vitro* de frutos do cerrado brasileiro. Revista Brasileira de Fruticultura 2013; 35(2): 355-360.
- [5] Santos ACA, Marques MMP, Soares AKO, *et al.* Potencial antioxidante de antocianinas em fontes alimentares: revisão sistemática. Revista Interdisciplinar 2014; 07(3): 149-156.
- [6] Bacelar-Lima CG, Mendonça MS, Barbosa TCTS. Morfologia foral de uma população de tucumã, *Astrocaryum aculeatum* G. Mey. (Arecaceae) na Amazônia Central. Acta Amaz. 2006; 36(4): 407-412.
- [7] Guedes AMM, França LF, Corrêa NCF. Caracterização física e físico-química da polpa de Tucumã (*Astrocaryum vulgare*, Mart.). In: Congresso Latino Americano de Ciências dos Alimentos; 2005; Campinas. São Paulo. Sociedade Brasileira de Ciência dos Alimentos; 2005.
- [8] Clement CR, Lleras PE, Van Leeuwen J. O potencial das palmeiras tropicais no Brasil: acertos e fracassos das últimas décadas. R. Bras. Agrociênc. 2005; 9(1-2): 67-71.
- [9] Morais JD, Dias MRP. Elaboração do doce em massa e néctar de tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart.). [Monografia] Belém: Universidade Federal do Pará; 2001.
- [10] Yuyama LKO, Yonekura L, Aguiar LPL, *et al.* Biodisponibilidade dos carotenóides do buriti (*Mauritia fl exuosa* L.) em ratos. Acta Amaz., Manaus 1998; 28(4): 409-415.
- [11] Brochier J. Hulle naturellement riche en caroténoïdes (*Astrocaryum vulgare* Mart.). Paris: JBA, 2000. 132p.

- [12] Dolnikoff MS, Kater CE, Egami M, *et al.* Neonatal treatment with monosodium glutamate increases plasma corticosterone in the rat. *Neuroendocrinology* 1988; 48: 645-649.
- [13] Raghavendra V, Rutkowski MD, Deleo JA. The role of spinal neuroimmune activation in morphine tolerance/hyperalgesia in neuropathic and sham operated rats. *J. Neurosci.* 2002; 22: 9980-9989.
- [14] Beers RF, Sizer IW. A spectrophotometric method for measuring the breakdown of hydrogen peroxide by catalase. *J Biol Chem.* 1952; 195(1):133-40.
- [15] Ching JC, Beutler E. Purification and characterization of human erythrocyte pyridoxine kinase. *Clínica Chimica Acta.* 1975; 61(3): 353-365, 1975.
- [16] Ohkawa H, Ohishi N, Yagi K. Assay of lipid peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction. *Anal Biochem.* 1979; 95: 351-358.
- [17] Andrade-Wartha ERS. Capacidade antioxidante in vitro do pedúnculo de caju (*Anacardium occidentale L.*) e efeito sobre as enzimas participantes do sistema antioxidante de defesa do organismo animal. [Tese] São Paulo: Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo; 2007.
- [18] Blois MS. Antioxidant Determinations by the Use of a Stable Free Radical. *Nature* 1958; 181(4617): 1199-1200.
- [19] Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT Food Sci Technol.* 1995; 28: 25-30.
- [20] Lima A. Caracterização química, avaliação da atividade antioxidante in vitro e in vivo, e identificação de compostos fenólicos presentes no pequi (*Caryocar brasiliense, Camb.*). [Tese] São Paulo: Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo; 2008.
- [21] Sales ALCC. Efeito de suplementação com aveia, linhaça, gergelim, semente de girassol e jatobá sobre parâmetros relacionados ao diabetes *mellitus* em ratos. [Dissertação] Teresina: Programa de pós-graduação em Alimentos e Nutrição da Universidade Federal do Piauí; 2011.
- [22] Vieira LM, Azevedo SCM, Da Silva GF, *et al.* Estudo do potencial antioxidante da polpa do tucumã (*Astrocaryum aculeatum*) in natura armazenada em embalagens a vácuo. *The Journal of Engineering and Exact Sciences – JCEC.* 2012; 3(4): 0672-0677.
- [23] Gonçalves AESS. Avaliação da capacidade antioxidante de frutas e polpas de frutas nativas e determinação dos teores de flavonoides e vitamina C. [Dissertação] São Paulo: Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo, 2008.
- [24] Hwang HJ, Kim SW, Lim JM, *et al.* Hypoglycemic effect of crude exopolysaccharides produced by a medicinal mushroom *Phellinus baumii* in streptozotocin-induced diabetic rats. *Life Sciences* 2005; 76: 3069-80.
- [25] Hariri N, Thibault L. High-fat diet-induced obesity in animal models. *Nutr Res Ver* 2010: 99-270.
- [26] Lima LM, Carvalho MG, Loures-Vale AA, *et al.* Proteína C-reativa ultra-sensível em pacientes com diagnóstico de doença arterial coronariana estabelecido por angiografia. *J. Bras. Patol. Med. Lab.* 2007; 43(2): 83-86.
- [27] Halliwell B, Whiteman M. Measuring reactive species and oxidative damage in vivo and in cell culture: how should you do it and what do the results mean? *Br J Pharmacol.* 2004; 142(2):231-55.
- [28] Lum H, Roebuck KA. Oxidant stress and endothelial cell dysfunction. *Am J Physiol Cell Physiol.* 2001;280(4):C719-41.
- [29] Ferrari CKB. Functional foods, herbs and nutraceuticals: towards biochemical mechanisms of healthy aging. *Biogerontology.* 2004; 5(5):275-89.
- [30] Meydani SN. Effect of (n-3) polyunsaturated fatty acids on cytokine production and their biologic function. *Nutrition.* 1996; 12 (Suppl):S8-14.
- [31] Kris-Etherton PM, Hecker KD, Bonanome A, *et al.* Bioactive compounds in foods: their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. *Am J Med.* 2002; 113: 71-88.
- [32] Jenkins DJA, Kendall CWC, Marchie A, *et al.* Almonds reduce biomarkers of lipid peroxidation in older hyperlipidemic subjects. *Journal of Nutrition* 2008; 138(5): 908-913.