

**EFEITO DO ANÁLOGO CAPSIATE (*Capsicum annuum*) SOBRE A  
TERMOGÊNESE E PERFIL LIPÍDICO DE RATAS WISTAR OBESAS E NÃO  
OBESAS**

**LUCIANE DE SOUZA ROMERO NOGUEIRA**

**EFEITO DO ANÁLOGO CAPSIATE (*Capsicum annuum*) SOBRE A  
TERMOGÊNESE E PERFIL LIPÍDICO DE RATAS WISTAR OBESAS E NÃO  
OBESAS**

**LUCIANE DE SOUZA ROMERO NOGUEIRA**

Dissertação apresentada a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal. Área de Concentração: Fisiopatologia Animal.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cecília Braga Laposy

636.089 6398 Nogueira, Luciane de Souza Romero.  
N778e Efeito do análogo capsiate (*Capsicum annuum*)  
sobre a termogênese e perfil lipídico de ratas Wistar  
obesas e não obesas / Luciane de Souza Romero  
Nogueira. – Presidente Prudente, 2013.  
54 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) -  
Universidade do Oeste Paulista – Unoeste,  
Presidente Prudente, SP, 2013.

Bibliografia.

Orientador: Cecília Braga Laposy.

1. Obesidade. 2. Capsaicina. 3. Metabolismo. 4.  
Ratos Wistar. 5. Dislipidemia. I. Título.

**LUCIANE DE SOUZA ROMERO NOGUEIRA**

**EFEITO DO ANÁLOGO CAPSIATE (*Capsicum annuum*) SOBRE A  
TERMOGÊNESE E PERFIL LIPÍDICO DE RATAS WISTAR OBESAS E NÃO  
OBESAS**

Dissertação apresentada a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal. - Área de Concentração: Fisiopatologia Animal.

Presidente Prudente, 26 de agosto de 2013

**BANCA EXAMINADORA**

---

Profa. Dra. Alessandra Melchert  
Universidade Estadual Paulista – Unesp  
Botucatu-SP

---

Profa. Dra. Cecília Braga Laposy  
Universidade do Oeste Paulista – Unoeste  
Presidente Prudente-SP

---

Profa. Dra. Rosa Maria Barilli Nogueira  
Universidade do Oeste Paulista- Unoeste  
Presidente Prudente-SP

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiro a Deus Pai que me mostrou que “o momento certo é o momento de Deus” e me concedeu a graça de, desde o início, me guiar em tudo o que eu devia fazer, dando todas as respostas que pedi com fé.

A você Maria, mãe carinhosa, que esteve sempre ao meu lado, me dando força e me fazendo levantar a cabeça depois dos momentos mais difíceis. Aos meus pais, que sempre me incentivaram e através de seus estímulos, me impulsionaram a buscar uma vida nova cada dia, sempre acreditando em mim, me apoiando em tudo que fiz. Vocês me deixaram três pedras preciosas: minha formação, meu caráter e o estudo.

Ao meu marido Maurício que teve muita paciência comigo, foi difícil para nós dois...

Aos meus filhos Marina e Antonio, que roubei várias horas de dedicação a vocês, para me dedicar exclusivamente aos estudos e sempre me retribuíram com abraços carinhosos, sorrisos largos, entusiasmo e incentivo... “Tudo vai dar certo mãe...” Amei vocês no segundo em que ouvi os batimentos de seus corações, amei vocês mesmo antes de nascerem, EU OS AMO MUITO, AMO INFINITO AO QUADRADO.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiro a Deus que me concedeu o dom da vida e depois a minha mãe e grande amiga Nossa Senhora que esteve sempre ao meu lado, segurando a minha mão e me ouvindo.

À minha família, meu agradecimento por terem aceito se privar de minha companhia pelos estudos, me concedendo a oportunidade de me realizar ainda mais.

Especialmente a minha orientadora Cecília Braga Laposy, por sua vocação inequívoca e empreendedora na tarefa de multiplicar seus conhecimentos, por não poupar seus esforços e pelo total incentivo e paciência comigo em todos os momentos.

A Professora Alessandra Melchert, que ajudou a alimentar e construir meu sonho. Sei que você sempre acreditou em mim.

A você Nádia Miguel, minha amiga verdadeira, por seu incentivo, paciência, carinho e dedicação para que esse trabalho fosse realizado. Foi Maria que te colocou no meu caminho e sei que não foi por acaso. Obrigada. *“Amizade é quando você encontra uma pessoa que olha na mesma direção que você, compartilha a vida contigo e te respeita como você é!” - Renato Russo.*

Aos alunos que participaram do projeto e funcionários do Biotério da Universidade do Oeste Paulista (UNOESTE) pela presteza e pela gentileza com que se dispuseram a ajudar na realização da coleta dos dados deste trabalho.

Às minhas amigas da faculdade de Nutrição da UNOESTE, Grace, Carla e Sandra pelo incentivo ao Mestrado, pelos bons conselhos e por podermos dividir os medos, incertezas e angústias durante todo o curso.

A você Wilsinho, meu primo, que me ajudou muito e sempre me incentivou.

NÃO É O FIM... É SÓ O COMEÇO...

“...quem acredita sempre alcança...

...Nunca deixe que lhe digam que não vale a pena  
acreditar nos sonhos que se tem  
ou que os seus planos nunca vão dar certo  
ou que você nunca vai ser alguém...”

“Nunca, nunca, nunca deixe alguém te dizer que aquilo que você acredita é  
babaquice, que de repente o teu sonho não vai dar certo...”

*Renato Russo*

## RESUMO

### **Efeito do análogo capsiate (*Capsicum annuum*) sobre a termogênese e perfil lipídico de ratas Wistar obesas e não obesas**

O objetivo do estudo foi avaliar o efeito do análogo capsiate (*Capsicum annuum*) sobre a termogênese e perfil lipídico de ratas Wistar obesas e não obesas. Foram utilizadas 64 ratas Wistar, com 60 dias de idade e peso médio de 200g. Os animais foram divididos em quatro grupos (n=16), onde receberam os tratamentos por seis semanas: Grupo Controle (C): alimentados com dieta padrão comercial (Labina<sup>®</sup>) e água filtrada (placebo); Grupo Controle+Capsiate (CC): alimentados com dieta padrão comercial (Labina<sup>®</sup>) e capsiate; Grupo Obeso (O): alimentados com dieta hiperlipídica e água filtrada (placebo); Grupo Obeso+Capsiate (OC): alimentados com dieta hiperlipídica e capsiate. Para avaliação da termogênese, foram aferidos a cada sete dias, durante o experimento, a temperatura corporal retal e o peso das ratas. Na 7<sup>a</sup> semana os animais foram anestesiados e a eutanásia realizada através de exanguinação por punção cardíaca para determinação do perfil lipídico por meio da dosagem dos triglicérides, colesterol total e fração HDL-Col (lipoproteína de alta densidade). Os resultados evidenciaram um aumento de temperatura do grupo OC, bem como elevação dos níveis de HDL-Col nos grupos suplementados (CC e OC). Conclui-se que a suplementação com capsiate por curto tempo, aumentou a termogênese, acelerando o metabolismo e influenciando positivamente os níveis de HDL-Col, podendo ser utilizada como mais uma forma de tratamento da obesidade. Novos estudos são necessários para avaliar a potencialização do efeito do capsiate associado à atividade física regular e alimentação balanceada.

**Palavras-chave:** obesidade, capsaicina, metabolismo, ratos, dislipidemia.



## ABSTRACT

### Effect analogous capsiate (*Capsicum annuum*) on thermogenesis and lipid profile of Wistar obese and nonobese

The aim of the study was to evaluate the effect of analogous capsiate (*Capsicum annuum*) on thermogenesis and lipid profile of Wistar obese and non-obese. We used 64 Wistar rats, 60 days old and weighing 200g. The animals were divided into four groups (n = 16), where they received treatment for six weeks: control group (C) fed a commercial (Labina ®) and filtered water (placebo), Group Control + Capsiate (CC) : fed a commercial (Labina ®) and capsiate; Obese Group (The): fed with high fat diet and filtered water (placebo); capsiate group O + (OC): fed with high fat diet and capsiate. For evaluation of thermogenesis were measured every seven days during the experiment, rectal body temperature and weight of the rats. At 7 weeks the animals were anesthetized and euthanasia performed by exsanguination by cardiac puncture for lipid profile determination through the measurement of triglycerides, total cholesterol and HDL-Col (high density lipoprotein). The results showed an increase in temperature of the OC group, as well as increased levels of HDL-Chol in the supplemented groups (OC and CC). It is concluded that supplementation with capsiate briefly increased thermogenesis by speeding up metabolism and positively influencing the levels of HDL-Chol and can be used as another form of treatment of obesity. Further studies are needed to evaluate the potentiation of the effect of capsiate associated with regular physical activity and a balanced diet.

**Keywords:** obesity, capsaicin, metabolism, rats, dyslipidemia.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	10
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	11
2.1 Tecido Adiposo.....	11
2.2 Obesidade .....	12
2.3 Perfil Lipídico.....	16
2.4 Alimentos Funcionais .....	20
2.5 Capsaicina.....	22
2.6 Capsinóides.....	26
REFERÊNCIAS.....	28
ARTIGO CIENTÍFICO .....	37

## 1 INTRODUÇÃO

A obesidade é um dos mais sérios problemas de saúde mundial, sendo uma doença epidêmica, crônica, multifatorial, dispendiosa, de alto risco e que afeta milhões de pessoas, sem respeitar fronteiras, idade, sexo, raça ou condição financeira (SOUZA et al., 2005).

Pode ser conceituada como um estado nutricional anormal, caracterizada por aumento de gordura corporal, em forma de triacilgliceróis, devido a um balanço energético positivo ou, ainda, como consequência do abuso de alimentos sem propósito nutricional, onde o corpo fica com um excesso de peso que difere dos padrões médios para altura, idade e sexo (OLIVEIRA; COSTA; RIBEIRO, 2008).

O crescente mercado dos produtos naturais, aliado ao interesse dos consumidores na prevenção de doenças, tem pressionado a indústria alimentícia na busca por produtos mais saudáveis, direcionando assim pesquisas neste seguimento. Neste contexto, os alimentos funcionais ganharam prestígio pelos efeitos benéficos que promovem à saúde e, entre esses alimentos, destacam-se as pimentas (DUTRA et al., 2010).

Sabe-se que a introdução de substâncias como a capsaicina e os capsinóides da pimenta *Capsicum Annuum*, que possui frutos com propriedades terapêuticas termogênicas, pode auxiliar na perda de peso. Além disso, estas substâncias encontram-se em alimentos habituais que fazem parte da nutrição brasileira, sendo de baixo custo, o que favorece sua utilização em todos os níveis sócio-econômicos (BÜTTOW et al., 2010).

A realização deste trabalho visa avaliar o efeito termogênico e perfil lipídico da suplementação com o capsinóide Capsiate, extraído da pimenta *Capsicum Annuum*, em ratas Wistar obesas e não obesas, considerando que o suplemento possa ser útil no tratamento e reversão da obesidade, contribuindo ainda com dados para aprimorar o conhecimento científico e técnico do nutricionista, que atua em diversas áreas da nutrição, como a nutrição clínica, pública e coletiva.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Tecido Adiposo

O tecido adiposo é o principal reservatório energético do organismo, sendo os adipócitos as únicas células especializadas no armazenamento de lipídios na forma de triacilglicerol ou triglicerídeos (TAG) em seu citoplasma (ocupa 85 – 90% do citoplasma), sem que isto seja nocivo para sua integridade funcional (FONSECA-ALANIZ et al., 2006).

Segundo Cardoso et al. (2010) e Grosso (2012), dois tipos de tecido adiposo com propriedades funcionais bem distintas são encontrados em mamíferos: tecido adiposo branco (TAB – também conhecido como amarelo ou unilocular) e tecido adiposo marrom (TAM – ou multilocular). Ambos estão envolvidos no balanço energético, mas enquanto o TAM é especializado na dissipação de energia na forma de calor durante a termogênese induzida pelo frio (participando ativamente na regulação da temperatura corporal) e na termogênese induzida pela dieta (BIRERDINC et al., 2013), o TAB é o principal reservatório energético do organismo, portanto está principalmente envolvido na estocagem de energia na forma de TAG, além de funcionar como isolante térmico (COSTA; DUARTE, 2006).

Os adipócitos maduros do TAB são células grandes, muitas vezes maiores que hemácias, fibroblastos e células do sistema imune, e podem alterar acentuadamente seu tamanho (volume e diâmetro) conforme a quantidade de TAG acumulada (QUEIROZ et al., 2009).

A proporção de lipídios no TAB pode ocupar até 85% da massa total do tecido, sendo o restante da massa representado por água e proteínas, possuindo depósitos em várias regiões do organismo como órgãos, vísceras, feixes musculares e estruturas internas, sem comprometer sua estrutura e função, oferecendo proteção mecânica contra choques e traumatismos externos (FONSECA-ALANIZ et al., 2006).

O TAB secreta uma variedade grande de proteínas denominadas adipocinas, mostrando que esse tecido não só armazena e fornece energia, mas é um órgão envolvido em vários processos metabólicos e fisiológicos (KUBA et al., 2006; ALTERIO; FAVA; NAVARRO, 2007; MADEIRA et al., 2009).

O TAB foi reconhecido como um órgão endócrino ativo, responsável pela liberação da leptina, além de secretar polipeptídios bioativos, denominados adipocinas (LEAL; MAFRA, 2013), que regulam o apetite, o gasto energético e a sensibilidade à insulina (GRAY; VIDAL-PUIG, 2007). Indivíduos obesos apresentam hiperleptinemia e resistência à leptina, de modo similar ao que ocorre com a insulina (TRAISH et al., 2009).

Isso se deve ao fato de que o TAB sofre a atuação de uma imensa lista de hormônios que promovem diversos efeitos, não só sobre o seu metabolismo como também sobre a função endócrina e sobre a regulação da adipogênese (CARDOSO et al., 2010).

Os depósitos de TAM estão praticamente ausentes em humanos adultos, mas são encontrados em fetos e recém-nascidos, sendo seu adipócito menor (60 µm de diâmetro) que o adipócito branco (90 – 100 µm). Possui várias gotículas lipídicas de diferentes tamanhos, em um citoplasma abundante, utilizando energia liberada pela oxidação principalmente de ácidos graxos para gerar calor, sendo a alta concentração de citocromo oxidase das mitocôndrias desse tecido que lhe confere a coloração mais escura (FONSECA-ALANIZ et al., 2006).

## **2.2 Obesidade**

Atualmente a obesidade é um dos maiores problemas de saúde pública e uma das doenças crônicas não transmissíveis que mais cresce em todo o mundo e vem aumentando acentuadamente ao longo dos últimos anos (NAVES; PASCHOAL, 2007). Afeta tanto países desenvolvidos como em desenvolvimento (BIRERDINC et al., 2013).

Os problemas alimentares e nutricionais decorrentes da rápida industrialização são importantes no processo de transição nutricional, onde se tem observado um declínio da desnutrição em crianças e um aumento da prevalência do sobrepeso/obesidade em adultos (OLIVEIRA; COSTA; RIBEIRO, 2008). Apesar da atual consciência pública sobre suas consequências, a incidência da obesidade continua a se elevar (QUEIROZ et al., 2009), aumentando os riscos à saúde e limitando a qualidade de vida global (ALEMÁN,

2012) e devido a sua prevalência e alto custo financeiro e social, constitui um dos principais problemas de saúde pública (PIZZI et al., 2013).

A obesidade infanto-juvenil mostra forte associação com a presença de alterações fisiológicas metabólicas (SILVA; BALABAN; MOTTA, 2005) que, quando não controladas ou até corrigidas, mantem-se na fase adulta (TENÓRIO et al., 2012).

Ser obeso significa apresentar uma alta proporção de gordura corporal, ou seja, gordura corporal em excesso, onde em adultos normais, a gordura corresponde 15 a 18% do peso em homens e 20 a 25% do peso em mulheres (BRAGA ; SILVA ; CREMONESI, 1999).

O acúmulo excessivo de gordura corporal sob a forma de TAG no tecido adiposo deriva de um aporte calórico excessivo e crônico de macronutrientes (carboidratos, proteínas e gorduras) presentes nos alimentos e bebidas (carboidratos, proteínas, lipídios e álcool ou etanol) em relação ao gasto energético (CARDOSO et al., 2010).

Os estoques de energia no organismo são regulados pela ingestão e pelo gasto energético, sendo que, quando há equilíbrio entre a ingestão e o gasto energético, o peso corporal é mantido; porém, é importante frisar que existe uma variabilidade nas necessidades energéticas de indivíduo para indivíduo (OLIVEIRA; COSTA; RIBEIRO, 2008).

Desta forma, um pequeno balanço positivo acarreta baixo incremento de peso, mas o desequilíbrio crônico entre a ingestão e o gasto levará à obesidade ao longo do tempo (SAITO; YONESHIRO, 2013).

A avaliação da composição corporal pode ser verificada pelas medidas de peso e estatura, onde os valores coletados são aplicados na fórmula de Quetelet ( $\text{peso} / \text{altura}^2$ ), que é utilizada para calcular o Índice de Massa Corporal (IMC) (GUIMARÃES et al., 2008).

Em função dos valores de IMC, são reconhecidos os seguintes níveis de obesidade: sobrepeso ou obesidade leve (IMC entre 25 e 29,9  $\text{kg/m}^2$ ), obesidade moderada ou tipo 1 ou grau I (IMC entre 30 e 34,9  $\text{kg/m}^2$ ), obesidade grave ou tipo 2 ou grau II (IMC entre 35 e 39,9  $\text{kg/m}^2$ ) e obesidade mórbida ou de alto risco ou tipo 3 ou grau III (IMC maior do que 40  $\text{kg/m}^2$ ) (FORTES et al., 2007; OLIVEIRA; COSTA; RIBEIRO, 2008; KIM; PARK, 2011).

O mundo ocidental tem experimentado um crescimento expressivo na prevalência da obesidade, em consequência do desequilíbrio energético decorrente do aumento na ingestão calórica somado à inatividade física e ao declínio concomitante do gasto energético (FRANCISCHI et al., 2000).

Tem etiologia multifatorial, podendo ter suas causas divididas em dois grandes contextos: exógena (fatores externos de origem comportamental, dietética e ambiental, responsável por 95% dos casos) e endógena (relacionado com fatores internos do organismo, como componentes genéticos, psicológicos, endócrinos e metabólicos) (CARDOSO et al., 2010; KIM; PARK, 2011).

O envelhecimento também está ligado ao ganho de peso (GROSSO, 2012), por estar associado a fatores como declínio na Taxa de Metabolismo Basal (TMB) em consequência da perda de massa muscular, diminuição na prática de atividades físicas e aumento no consumo alimentar, assim como algumas desordens endócrinas, como o hipotireoidismo e problemas no hipotálamo, mas estas causas representam menos de 1% dos casos de sobrepeso e obesidade (FRANCISCHI et al., 2000).

Outras disfunções que podem conduzir à obesidade incluem alterações no metabolismo de corticoesteróides, hipogonadismo em homens e ovariectomia em mulheres, e a síndrome do ovário policístico, que pode estar relacionada a mudanças na função ovariana ou hipersensibilidade no eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (KUBA et al., 2006).

Alterações psicológicas também estão associadas ao ganho de peso, como estresse, ansiedade e depressão, influenciando o comportamento alimentar (FRANCISCHI et al., 2000).

O problema atinge não apenas o homem, mas também animais de companhia, sendo que nos últimos anos houve um aumento dos cães obesos, que oscilam entre 25% e 35% da população canina nacional (GRECO, 2002). A obesidade como crise não é, nos dias de hoje, apenas um assunto humano, pois a obesidade atravessou a fronteira das espécies (KULICK, 2009).

Oliveira; Costa; Ribeiro (2008) definiram 3 fatores principais que, segundo eles, determinam o grau de prejuízos a saúde em decorrência da obesidade. São eles:

- 1) a quantidade de gordura corporal total;
- 2) a distribuição de gordura corporal;

3) a presença de outros fatores de risco.

Verifica-se ainda que os prejuízos causados pela obesidade sejam muito mais evidentes não pela quantidade de gordura corporal total ou o valor do IMC, mas sim, principalmente, pela sua localização ou distribuição regional da gordura (FERNANDES et al., 2007).

Dois diferentes tipos de obesidade são descritos: a obesidade androide ou abdominal ou centralizada, na qual o tecido adiposo localiza-se predominantemente no tronco e a obesidade ginecoide, na qual a gordura localiza-se primariamente nos quadris, nádegas e cintura (OLINTO et al., 2006).

O acúmulo de gordura visceral está associado à maior prevalência de desarranjos metabólicos, hormonais, inflamatórios e hemodinâmicos (GROSSO, 2012), que no conjunto implicarão em maior acometimento da microvasculatura e impacto negativo sobre os órgãos-alvo, particularmente sobre o eixo cardiorrenal, levando a alto consumo de oxigênio, alta incidência de doenças cardiovasculares, complicações metabólicas, insulinoresistência, hiperuricemia e dislipoproteinemia (ROSA et al., 2005).

Estudos indicam que a relação com o desenvolvimento de doenças cardiovasculares causadas pela gordura visceral ocorre em virtude de estimulação do sistema nervoso simpático, por intermédio da insulina, da leptina e de neuropeptídeos hipotalâmicos, que desempenham papel fundamental na regulação do apetite e do metabolismo em indivíduos obesos (VOLTERA et al., 2008).

Em estudo feito por Rezende (2006), verificou-se que a circunferência de cintura entre homens e mulheres teve um percentual de risco elevado com circunferências acima de 88 e 120 cm. Também se constatou que até mesmo indivíduos que não eram classificados como obesos, apresentaram este risco de alterações metabólicas em decorrência ao excesso de gordura abdominal, como as doenças cardiovasculares, e verificou que os níveis de colesterol elevado eram mais frequentes nestes indivíduos com circunferência de cintura elevada.

O mesmo resultado foi obtido por Ferreira et al. (2006), em estudo relacionado a circunferência de cintura, mostrando uma associação entre o aumento da mesma e a hipertrigliceridemia, acarretando em prejuízos a saúde.



Como a causa definitiva da obesidade é um desequilíbrio entre a ingestão e o gasto energético (SAITO; YONESHIRO, 2013), um balanço energético negativo é necessário para produzir a perda de peso e pode ser conseguido quer diminuindo a ingestão alimentar, quer aumentando o gasto calórico, sendo que, este estímulo ao gasto calórico, pode ser alcançado pelo uso de recursos naturais, com ingredientes à base de plantas na dieta, como é o caso da capsaicina da pimenta vermelha (HURSEL; WESTERTERP-PLANTENGA, 2010).

Com isso, ferramentas para o controle da obesidade, incluindo o consumo de capsaicina da pimenta vermelha, têm sido proposta como uma das estratégias para perda e manutenção do peso, pois podem aumentar o gasto energético (4-5%), a oxidação das gorduras (10-16%) e combater a diminuição da taxa metabólica que está presente durante a perda de peso, devido ao aumento diário na termogênese de cerca de 300-400 Kcal levando deste modo à perda de peso substancial (HURSEL; WESTERTERP-PLANTENGA, 2010).

### **2.3 Perfil Lipídico**

A obesidade está associada a uma série de distúrbios metabólicos típicos, denominados síndrome metabólica (SM), representados por resistência à insulina e aumento dos seus níveis plasmáticos, obesidade abdominal central, dislipidemia com altos níveis de triglicérides, colesterol total, LDL e redução do HDL, glicemia alta em jejum, além de hipertensão arterial sistêmica (GUEDES et al., 2006; ALBERTI et al., 2009; CHA et al., 2013). De acordo com Ford, Giles e Dietz (2002), pelos menos três destes fatores devem estar presentes para que esteja caracterizada a ocorrência da SM.

A SM pode derivar no desenvolvimento de doenças crônicas como o Diabetes Mellitus tipo 2, fazendo com que aumente o risco de doenças cardiovasculares, problemas respiratórios, dermatológicos e certos tipos de câncer (BASTOS et al., 2009).

A elevação na quantidade de gordura corporal em indivíduos jovens tende a aumentar em 11% a 35% os níveis pressóricos e alterar em 40% a 60% o perfil lipídico, podendo esses índices, permanecerem até a idade adulta. A

associação desses dois fatores, aliados à disfunção endotelial, levam ao desenvolvimento da doença arterial coronariana (DAC) (PIZZI et al., 2013).

A aterosclerose é caracterizada por acúmulo de lipídeos na parede das artérias, resultando na redução do lúmen do vaso (GAO et al., 2012). Além disso, envolve uma resposta inflamatória crônica, aumentando assim, os riscos cardiometabólicos da doença (GROSSO, 2012).

A hiperlipidemia é uma alteração no perfil lipídico caracterizada por aumento nos níveis plasmáticos de colesterol total e triglicérides, e junto com a aterosclerose contribui para o alto risco de desenvolvimento de DAC (ROVER et al., 2010), como infarto do miocárdio, acidente vascular cerebral e doença vascular periférica (BORBA et al., 2012), sendo a DAC uma das principais causas de mortalidade e morbidade mundial nos últimos anos (HAMED et al., 2010).

O perfil lipídico é definido pelas determinações bioquímicas do Colesterol Total (CT), very low density lipoprotein ou lipoproteína de muito baixa densidade ou VLDL-colesterol (VLDL-C), low density lipoprotein ou lipoproteína de baixa densidade ou LDL-colesterol (LDL-C), high density lipoprotein ou lipoproteína de alta densidade ou HDL-colesterol (HDL-C), triacilglicerol ou triglicérides (TAG ou TG), que deve ser mensurado após jejum de 12 a 14 horas, segundo a IV DIRETRIZ ... (2007).

As categorias que definem os valores para Colesterol Total, LDL Colesterol e HDL Colesterol nos adultos estão descritas na tabela 1.

Tabela 1- Valores de colesterol total e suas frações LDL e HDL em adultos.

<b>Colesterol Total</b>	
<b>Níveis</b>	<b>Categoria</b>
Menor que 200 mg/dL	Desejável
Entre 200 - 239 mg/dL	Alterado
240 mg/dL ou acima	Elevado
<b>Colesterol LDL</b>	
<b>Níveis</b>	<b>Categoria</b>
Menor que 100 mg/dL	Ótimo
Entre 100 - 129 mg/dL	Levemente alterado
Entre 130 - 159 mg/dL	Alterado
Entre 160 - 189 mg/dL	Alto
190 mg/dL ou acima	Muito alto
<b>Colesterol HDL</b>	
<b>Níveis</b>	<b>Risco</b>
Menor que 40 mg/dL	Alto para doença cardíaca
Entre 40 - 59 mg/dL	Menor risco para doença cardíaca
60 mg/dL ou acima	Protetor de doenças cardíacas

Fonte: NATIONAL INSTITUTES OF HEALTH, LUNG AND BLOOD INSTITUTE (2012a;b)

Para os triglicérides, as categorias que definem os valores em adultos e crianças estão descritas na tabela 2:

Tabela 2- Valores de triglicérides em adultos e crianças

<b>Triglicérides</b>	
<b>Níveis</b>	<b>Categoria</b>
Menor que 100 mg/dL	Ótimo
Entre 100 - 149 mg/dL	Normal
Entre 150 - 199 mg/dL	Levemente alto
Entre 200 - 499 mg/dL	Alto
500 mg/dL ou acima	Muito alto

Fonte: AMERICAN HEART ASSOCIATION (2012)

Fatores genéticos e ambientais (tabagismo, sedentarismo e dieta), podem determinar a hiperlipidemia e classificando-as genotipicamente ou fenotipicamente através de análises bioquímicas (BORBA et al., 2012).

O colesterol do sangue situa-se principalmente na LDL-C, e a remoção do LDL-C da circulação para o fígado é mediada principalmente por receptores de LDL-C. Uma vez que este entra no fígado, é metabolizado em ácidos biliares e estes, em seguida, são eliminados para o lúmen através da bile, sendo que, qualquer disfunção neste processo fisiológico pode contribuir para o aumento do risco de DAC (LIANG et al., 2013). Estudos mostram que a associação entre concentrações séricas elevadas de CT e LDL-C mais a diminuição de HDL-C, aumentam o risco de DAC (CARVALHO et al., 2007).

Segundo Kasumov et al. (2013), a HDL-Col é uma lipoproteína formada no fígado, intestinos e circulação, de alta densidade, cujo principal papel é reencaminhar colesterol da corrente sanguínea para o fígado, para que o mesmo possa ser reutilizado nas suas funções, diminuindo o risco de DAC. Por participar do transporte reverso de colesterol das artérias, removendo-o dos tecidos periféricos, e o transportando de volta para o fígado, para que seja excretada na bile, a HDL-Col é antiaterogênica, sendo clara sua atividade antiinflamatória, antitrombótica e antioxidante (LEANÇA et al., 2010; KHERA et al., 2011).

A concentração plasmática de HDL-C pode ser alterada por fatores genéticos e ambientais, sabendo-se que o peso corporal, atividade física, consumo de álcool, tabagismo e alimentação, respondem por cerca de 50% da variação individual do HDL-C na população geral e a hereditariedade contribui para os outros 50% (LEANÇA et al., 2010).

A elevação nos níveis sanguíneos de HDL-Col está associada à perda de peso e à prática de exercício físico (ASZTALOS et al., 2009; GHANBARI-NIAKI; SAGHEBJOO; HEDAYATI, 2011).

É desconhecido se os capsinóides afetam transportadores, enzimas, proteínas e receptores envolvidos na absorção e homeostase do colesterol, mas recentemente, os mesmos têm atraído muita atenção devido à sua eficácia no controle de peso e prevenção das doenças crônicas degenerativas e algumas evidências atuais sugerem que estes têm efeitos benéficos sobre o sistema

cardiovascular humano, ação antioxidante, prevenindo a oxidação das lipoproteínas de baixa densidade (LIANG et al., 2013).

## **2.4 Alimentos Funcionais**

O interesse mundial pela redução na incidência e gastos com as doenças, bem como a melhora na qualidade de vida, principalmente através da alimentação, tem aumentado cada vez mais, levando a evolução dos conhecimentos sobre o papel dos componentes fisiologicamente ativos dos alimentos, de fontes vegetais e animais (KOMATSU; BURITI; SAAD, 2008; PRUDÊNCIO, 2009; SANTOS; CANÇADO, 2009).

Os consumidores têm encontrado novos produtos alimentares que tem como objetivo auxiliar no hábito de vida saudável, chamados de alimentos funcionais, sendo seu consumo uma tendência no mercado alimentício, uma vez que, desde o início do século XXI, há uma grande procura pelos mesmos (RAUD, 2008).

Atualmente, há vários fatores que influenciam na qualidade da vida, tais como: o aumento no número de mortes por câncer, acidente vascular cerebral, aterosclerose, hepatopatias, entre outros, fazendo com que a população mundial conscientize-se da importância e eficácia de alimentos contendo substâncias que auxiliem na promoção da saúde (BADARÓ et al., 2008).

Os alimentos funcionais são definidos pelo International Food Information Council (IFIC) como alimentos que provêm benefícios adicionais à saúde aos já atribuídos nutrientes que contêm (LAMARÃO; FIALHO, 2009). São aqueles alimentos que, além de fornecerem os nutrientes básicos (carboidratos, proteínas, lipídios, vitaminas, minerais, fibras e água) e cumprirem suas funções nutricionais, promovem a saúde por possuírem determinadas substâncias capazes, através de mecanismos não previstos pela nutrição convencional, promoverem a saúde, e não a cura de doenças (BASHO; BIN, 2010).

Essas substâncias dos alimentos funcionais atuam modulando e ativando os processos metabólicos, melhorando, garantindo e mantendo as condições de saúde, modulando a fisiologia do organismo promovendo efeito hipocolesterolemizante, hipotensivo, redução dos riscos de aterosclerose, anticancerígenos, hipoglicêmico, entre outros, pelo aumento e estimulação da

efetividade do sistema imune, promovendo o bem-estar das pessoas e prevenindo o aparecimento precoce de alterações patológicas e de doenças degenerativas, que levam a uma diminuição da longevidade (THAMER; PENNA, 2006).

Um alimento pode ser considerado funcional se for demonstrado que o mesmo pode afetar benéficamente uma ou mais funções alvo no metabolismo corporal, possuir os adequados efeitos nutricionais, de maneira que seja tanto relevante para o bem-estar e a saúde quanto para a redução do risco de doenças crônicas (MORAES; COLLA, 2006), ser incluso regularmente em uma alimentação balanceada e um estilo de vida saudável e não ter a finalidade de curar doenças (FORTES; MUNIZ, 2010).

Os ingredientes responsáveis pela funcionalidade desses produtos, que podem ser naturais do alimento ou adicionados ao mesmo, são liderados pelas fibras dietéticas, proteínas modificadas, peptídeos, óleos de peixe, esteróis de plantas, minerais, vitaminas, prebióticos e probióticos (KOMATSU; BURITI; SAAD, 2008; MOURÃO et al., 2012).

A indústria também tem utilizado outros ingredientes opcionais, como os substitutos de gorduras e edulcorantes, dependendo do tipo de produto que se quer produzir e do público alvo (THAMER; PENNA, 2006). Deve-se ainda, levar em consideração, que hoje em dia, os consumidores já se informam mais sobre assuntos ligados à nutrição e à saúde e procuram os alimentos que podem promover a saúde, esperando que esses alimentos sejam convenientes, de fácil acesso e de sabor agradável (BURITI, 2005).

A procura por esses alimentos tem estimulado a descoberta, bem como a fabricação de novos produtos (BURITI, 2005; KOMATSU; BURITI; SAAD, 2008). O uso dos alimentos para promover a saúde e a qualidade de vida, reduzindo os riscos de certas doenças, tem levado ao aumento das pesquisas e a descoberta de novos componentes naturais, possibilitando o aparecimento de produtos alimentícios, que renovam cada vez mais as opções de mercado (THAMER; PENNA, 2006).

O desenvolvimento de alimentos funcionais para a prevenção e / ou tratamento da obesidade, tem direcionado estudos que levam a compreensão dos mecanismos de apetite, gasto de energia e sensação de saciedade, levando a estratégias para controle do peso corporal através de modificações nos

hormônios intestinais para regulação do apetite, estimulação do gasto energético (termogênese) e modificações na atividade metabólica da microbiota intestinal (TRIGUEROS et al., 2013).

A pimenta é classificada como alimento funcional por alguns estudiosos, ou seja, além dos seus nutrientes, possui componentes que promovem e preservam a saúde (ZANCANARO, 2008).

## 2.5 Capsaicina

As pimentas pertencem à família *Solanaceae* e o gênero *Capsicum* é representado pelas pimentas e pimentões, onde a origem do nome *Capsicum* parece estar ligada à derivação da palavra grega *kapto*, cujo significado é “picar” e *kapsakes* que significa “cápsula” (NUEZ, 1995).

Atualmente constam mais de 150 variedades de *Capsicum* catalogadas no mundo (ZANCANARO, 2008), divididas em cerca de 20 a 25 espécies, todas derivadas de 5 espécies cultivadas: *Capsicum Annuum*, *Capsicum Baccatum*, *Capsicum Chinese*, *Capsicum Frutescens* e *Capsicum Pubescens* (BONTEMPO, 2007; DUTRA et al., 2010).

O gênero de pimenta *Capsicum spp.*, é cultivado em regiões tropicais, sub-tropicais e temperadas de todo o mundo, sendo as formas levemente pungentes, as preferidas nos Estados Unidos e na Europa e as pimentas mais pungentes, mais consumidas no continente asiático, apresentando grande importância econômica mundial (KAPPEL, 2007). A produção mundial é liderada pela Índia e China, seguida do México e dentre as espécies cultivadas, *C.annuum* é a mais conhecida e a que apresenta maior importância econômica e distribuição mundial (LUZ, 2007).

Compõe uma parte do mercado de hortaliças frescas do Brasil (DOMÊNICO et al., 2012), mas atualmente, a produção no país tem apresentado pouca relevância no cenário mundial das pimentas, sendo os estados de, Minas Gerais, São Paulo, Rio Grande do Sul e Bahia, os principais produtores brasileiros (LUZ, 2007), fazendo parte do segmento mundial de condimentos, temperos e conservas (DUTRA et al., 2010).

De acordo com Stark (2008), das espécies de pimenta, 12 são normalmente classificadas em espécies domesticadas (aquelas em que o homem

interfere na seleção natural da planta, selecionando determinadas características, fazendo deste modo, com que as plantas sejam incapazes de sobreviver em condições naturais); semi-domesticadas (selecionadas, cultivadas, mas ainda não domesticadas, apresentando um grau de dependência do homem) e silvestres (aquelas que não são cultivadas e nem ocorrem normalmente em ambientes alterados pelo homem).

Os frutos de *Capsicum* sofrem mudanças em seus componentes conforme o processo de amadurecimento, especialmente no conteúdo de capsaicinóides, sendo que este fato provavelmente interfira na dispersão das sementes, já que um alto conteúdo de capsaicinóides resulta em fruto bastante picante (STARK, 2008).

Dos aproximadamente 14 capsaicinóides existentes, os que ocorrem em maior quantidade são a capsaicina, a dihidrocapsaicina e a nordihidrocapsaicina (STARK, 2008). A capsaicina, acumulada pelas plantas em maior quantidade na placenta e, em menor quantidade, nas sementes e no tecido da superfície da placenta (DOMÊNICO et al., 2012), é liberada pelo dano físico às células quando se extraem sementes ou corta-se o fruto para qualquer fim, é o componente ativo das pimentas vermelhas, tipo chilli, conferindo a estas as propriedades organolépticas e farmacêuticas, o sabor picante ou princípio pungente (TSI et al., 2003; DUTRA et al., 2010).

Esta substância dá a sensação de calor devido aos seus componentes químicos, capazes de estimular as papilas gustativas da boca (ZANCANARO, 2008), fazendo com que as pimentas sejam consideradas estimulantes do apetite e auxiliares da digestão, melhorando-a, pois o consumo desse aditivo aumenta a salivação, estimula a secreção gástrica e a motilidade gastrointestinal, proporcionando uma sensação de bem-estar (CARDOSO et al., 2010).

Podem, ainda, possuir efeito carminativo (antiflatulência), estimular a circulação no estômago, favorecendo a cicatrização de feridas (úlceras), desde que, outras medidas alimentares e de estilo de vida sejam aplicadas em conjunto (LOPES; OKURA, 2005).

A capsaicina também apresenta propriedades medicinais comprovadas, atuando como cicatrizante, antioxidante, bactericida, auxilia na dissolução de coágulos sanguíneos, previne a arteriosclerose, controla o



colesterol, evita hemorragias, faz dissolução de muco dos pulmões, sendo então expectorante e descongestionante, é indutora da termogênese aumentando o gasto calórico e influencia na liberação de endorfinas, funcionando como analgésico natural (LOPES; OKURA, 2005; BONTEMPO, 2007; DUTRA et al., 2010).

Há uma escala que mede a ardência ou pungência das pimentas, denominada escala de temperatura. Nessa escala, as pimentas são classificadas de 1 a 10. Os graus 8, 9 e 10 são reservados às espécies muito picantes; 4, 5, 6 para as de média ardência e 1, 2 e 3 para as variedades mais suaves (SCHERER, 2010).

Outra classificação quanto à pungência das pimentas *Capsicum* é baseada em um teste organoléptico criado em 1912 pelo farmacologista Wilbur L. Scoville, onde 5 pessoas analisaram a solução obtida a partir de um peso exato de pimentas dissolvidas em álcool e diluídas em água e açúcar, verificando-se que quanto maior a picância da amostra, maior a necessidade de diluição, até que a picância deixe de ser sentida pelo paladar. Assim, se uma diluição necessita de 1000 unidades de água para uma unidade de solução em álcool, a amostra indica uma picância de 1000 unidades de Scoville (BONTEMPO, 2007). Apesar da subjetividade, até hoje é um dos mais bem aceitos mecanismos para determinar ardência das pimentas (ZANCANARO, 2008).

O teor de capsaicinóides é avaliado pela escala de Unidade de Calor Scoville (Scoville Heat Unit – SHU), cujos valores variam de 0 a 300 mil SHU. Cultivares com até 30 mil SHU são considerados de baixa pungência; com valores entre 30 mil e 75 mil SHU, média pungência; entre 75 mil a 120 mil, alta pungência; e acima de 120 mil, pungência muito alta (SCHERER, 2010).

Além do emprego na alimentação humana, relata-se a utilização de derivados de pimenta na formulação de rações para animais e a incorporação da capsaicina na formulação de repelentes em atomizadores, empregados para autodefesa (CARDOSO et al., 2010).

O estudo das pimentas do gênero *Capsicum* vem de longa data, devido a características especiais observadas em populações que fazem uso destes frutos, observações estas que não se limitaram à agronomia, pois as pimentas devem ser encaradas como alimentos especiais, e não somente como temperos de uso culinário ou como elemento botânico (STARK, 2008).

As espécies de pimentas do gênero *Capsicum* contêm altas concentrações dos antioxidantes naturais, vitaminas C e E, além da vitamina A, Complexo B, e  $\beta$ -caroteno e  $\beta$ -criptoxantina (DOMÊNICO et al., 2012), e vêm sendo estudadas por pesquisadores do mundo inteiro, mostrando que a capsaicina dessas pimentas, conferem uma atividade antihiperlipidêmica, propriedades anti-inflamatórias, antioxidantes, além de efeito quimiopreventivo e efetivos no tratamento de um número de desordens de fibras nervosas, incluindo dor associada com artrite, cistite e neuropatia diabética (STARK, 2008).

Dentre as pimentas mais cultivadas e consumidas no Brasil e mais conhecidas no mundo estão a *Capsicum Annuum* (pimenta “doce” ou pimentas de cheiro) (ZANCANARO, 2008; DOMÊNICO et al., 2012). As cultivadas desse gênero são as variedades de pimentas ornamentais, as pimentas picantes (como Jalapeño, Cayenne, Serrano e Cereja, entre outras), o pimentão, as pimentas doces para páprica e a pimenta americana (BÜTTOW et al, 2010) e são usadas como corantes naturais, na forma de extratos concentrados (oleoresinas) e de pó (colorau ou páprica) (COSTA, 2007).

As pimentas são consideradas alimentos termogênicos, que são aqueles que apresentam um maior nível de dificuldade de digestão pelo organismo, elevam a temperatura corporal e aceleram o metabolismo, aumentando a queima de gordura (CARDOSO et al., 2010).

Estudos sobre o efeito termogênico da capsaicina são conduzidos principalmente em populações asiáticas, onde é mais comum no padrão alimentar diário, sendo que os efeitos sobre o consumo de energia e o gasto calórico são evidentes em tais populações, relacionando a substância com o aumento da termogênese por potencializar a secreção de catecolaminas da medula adrenal em ratos, principalmente através da ativação do sistema nervoso central, onde o aumento da termogênese induzida por capsaicina é provavelmente baseado em estimulação  $\beta$ -adrenérgica (HURSEL; WESTERTERP-PLANTENGA, 2010).

Em estudo realizado por Yoshioka et al. (1995) com seres humanos, a pimenta vermelha induziu redução na repetição da ingestão alimentar, elevado gasto energético pós-prandial e oxidação lipídica. Estudos em animais também demonstraram que a injeção ou o tratamento oral com capsaicina estimula a

atividade do sistema nervoso simpático, favorecendo um aumento na mobilização de lipídios e diminuição da massa de tecido adiposo (KAWADA et al., 1986).

Em ratos, a capsaicina tem sido relacionada com o aumento da termogênese dose dependente, aumentando a secreção de catecolaminas da medula adrenal, sendo sugerido que certos neurônios sensíveis à capsaicina estão envolvidos neste processo (TSI et al., 2003). Porém, o consumo prolongado de capsaicina pode ser limitado devido a sua característica picante causar pungência (MARTÍNEZ-ÁLVAREZ; GÓMEZ-CANDELA; VILLARINO-MARÍN, 2006; DIEPVENS; WESTERTERP; WESTERTERP-PLATENGA, 2007).

Ensaio com ratos alimentados com dieta hiperlipídica e, posteriormente, adicionadas pequenas quantidades de pimenta vermelha (*Capsicum annuum*) ou capsaicina, apresentaram efeito hipocolesterolêmico e hipotrigliceridêmico, reduzindo o risco de desenvolvimento de aterosclerose através da redução do colesterol sanguíneo e da concentração sérica de triglicerídeos (STARK, 2008).

Inoue et al. (2007), avaliando a ingestão de análogos de capsaicina em diferentes doses para avaliação do gasto energético e oxidação de gordura em 44 indivíduos com índices altos graus elevados de IMC, constataram que após 4 semanas, os grupos suplementados apresentaram consumo de oxigênio ( $VO_2$ ), gasto energético de repouso e oxidação de gordura ligeiramente maiores. O aumento da oxidação de gordura foi positiva e significativamente correlacionada ao IMC, mostrando que a ingestão capsinóides seria capaz de aumentar o gasto energético e a queima de gordura em seres humanos, particularmente naqueles com IMC elevado.

## 2.6 Capsinóides

Os capsinóides são uma família de compostos que são análogos à capsaicina, mas com propriedades não pungentes quando comparados com a mesma, sendo extraídos da *Capsicum Annuum* L-CH-19 Sweet (pimenta doce), a única pimenta não pungente (HARAMIZU et al., 2006; MARY-JON; MOORE; MATTES, 2012), onde se inclui nesse grupo o capsiate, a dihidrocapsaicina, nordihidrocapsaicina, homodihidrocapsaicina e homocapsaicina (OHNUKI et al.,

2001). Possuem estrutura química idêntica à capsaicina, que tem propriedades pungentes (SNITKER et al., 2009).

Possuem vários efeitos fisiológicos e farmacológicos como: ação analgésica, anticâncer, antiinflamatória, antioxidante e lipolípica, podendo ser aplicados clinicamente para alívio da dor, fazendo quimioprevenção do câncer e auxiliando na perda de peso, além de beneficiar os sistemas cardiovascular e gastrointestinal (LUO; PENG; LI, 2011).

Os análogos não pungentes de capsaicina, como o capsiate, tem uma cadeia longa, de C10 a C20, e são conhecidos por seu efeito denominado termogênico, sendo capazes de aumentar a lipólise da mesma forma que a capsaicina (HARAMIZU et al., 2006). O efeito termogênico confere ao capsiate a característica de ativar o tecido adiposo, aumentar a oxidação lipídica, gerar maior gasto de energia e consequente aumentar o metabolismo e a sensação de calor, em pequenos roedores e também em seres humanos (CARDOSO et al., 2010; WHITIN; DERBYSHIRE; TIWARI, 2012; YONESHIRO et al., 2012). São estáveis em ambos os solventes polares e apolares e produzem uma sensação de queimação quando entram em contato com o corpo (TANAKA et al., 2009).

Estudos em humanos (SNITKER et al., 2009; HURSEL; WESTERTERP-PLANTENGA, 2010; LUO; PENG; LI, 2011), e em ratos (TANI et al., 2004; KAWABATA et al., 2009) têm demonstrado que, tanto a administração de capsaicina quanto de seus análogos, além de terem efeito termogênico, podem levar a uma melhora nos níveis plasmáticos dos lipídios, resultando em uma diminuição do colesterol total e triglicérides, assim como uma redução da massa de gordura.

Este estudo teve como objetivo avaliar o efeito do capsiate (*Capsicum annuum*) sobre a termogênese e perfil lipídico de ratas Wistar obesas e não obesas.

## REFERÊNCIAS

ALBERTI, K. G. M. M. et al. Harmonizing the metabolic syndrome: a joint interim statement of the International Diabetes Federation task force on epidemiology and prevention. **Circulation**, v. 120, p. 1640-1645, 2009.

ALEMÁN, C. **Effects of capsaicin and evodiamine ingestion on energy expenditure and lipid oxidation at rest and after moderately-intense exercise in men**. 2012. 58 f. Thesis - Department of Health, Human Performance, and Recreation to the Faculty of Baylor University, Waco, Texas.

ALTERIO, A. A.; FAVA, D. A. F.; NAVARRO, F. Interação da ingestão diária de chá verde (*Camellia sinensis*) no metabolismo celular e na célula adiposa promovendo emagrecimento. **Revista Brasileira de Obesidade, Nutrição e Emagrecimento**, São Paulo, v. 1, n. 3, p. 27-37, mai./jun. 2007.

American Heart Association (AHA). Good vs bad cholesterol. 2012. **American Heart Association learn and live**. Disponível em: [http://www.heart.org/HEARTORG/Conditions/Cholesterol/AboutCholesterol/Good-vs-Bad-Cholesterol\\_UCM\\_305561\\_Article.jsp](http://www.heart.org/HEARTORG/Conditions/Cholesterol/AboutCholesterol/Good-vs-Bad-Cholesterol_UCM_305561_Article.jsp). Acesso em: 13 set. 2013.

ASZTALOS, B. F. et al. Effects of weight loss, induced by gastric bypass surgery, on HDL remodeling in obese women. **Journal of Lipid Research**, v. 51, p. 2405-2412, 2009.

BADARÓ, A. C. L. et al. Alimentos probióticos: aplicações como promotores da saúde humana: parte 1. **Nutrir Gerais: Revista Digital de Nutrição**, Ipatinga, v. 2, n. 3, ago./dez. 2008.

BASHO, S. M.; BIN, M. C. Propriedades dos alimentos funcionais e seu papel na prevenção e controle da hipertensão e diabetes. **Interbio**, v. 4, n. 1, p. 48-58, 2010.

BASTOS, D. H. M. et al. Mecanismos de ação de compostos bioativos dos alimentos no contexto de processos inflamatórios relacionados a obesidade. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, São Paulo, p. 53-55, jun. 2009.

BIRERDINC, A. et al. Manipulating molecular switches in brown adipocytes and their precursors: a therapeutic potential. **Progress in Lipid Research**, v. 52, p. 51-61, 2013.

BONTEMPO, M. **Pimenta e seus benefícios à saúde**. São Paulo: Alaúde, 2007.

BORBA, E. et al. Perfil lipídico e obesidade em homens de um município da região sul do Brasil. **Scientia Medica**, Porto Alegre, v. 22, n. 1, p. 18-24, 2012.

BRAGA, A. F. A.; SILVA, A. C. M.; CREMONESI, E. Obesidade mórbida: considerações clínicas e anestésicas. **Revista Brasileira de Anestesiologia**, v. 49, n. 3, p. 201, mai./jun. 1999.

BURITI, F. C. A. **Desenvolvimento de queijo fresco cremoso simbiótico**. 2005. 75 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica) - Departamento de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

BÜTTOW, M. V. et al. Diversidade genética entre acessos de pimentas e pimentões da Embrapa Clima Temperado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40; n. 6, jun. 2010.

CARDOSO, J. et al. **Uso de alimentos termogênicos no tratamento da obesidade**. 2010. 18 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Nutrição) - Centro de Ciências da Saúde, Instituto de Nutrição Josué de Castro, Universidade Federal do Rio de Janeiro-Universidade do Brasil, Rio de Janeiro.

CARVALHO, D. F. et al. Blood lipid levels and nutritional status of adolescents. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, São Paulo, v. 10, n. 4, dec. 2007.

CHA, Y. et al. Kochujang, fermented soybean-based red pepper paste, decreases visceral fat and improves blood lipid profiles in overweight adults. **Nutrition and Metabolism**, v. 10, n. 24, 2013.

COSTA, J. V.; DUARTE, J. S. Tecido adiposo e adipocinas. **Acta Médica Portuguesa**, v. 19, p. 251-256, set. 2006.

COSTA, L. M. **Avaliação da atividade antioxidante e antimicrobiana do gênero *Capsicum***. 2007. 77 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Instituto de Ciências Básicas da Saúde da Universidade Comunitária Regional de Chapeco, Chapecó.

DIEPVENS, K.; WESTERTERP, K. R.; WESTERTERP-PLATENGA, M. S. Obesity and thermogenesis related to the consumption of caffeine, ephedrine, capsaicin, and green tea. **American Journal of Physiology Regulatory Integrative and Comparative Physiology**, v. 292, p. 77-85, jan. 2007.

IV Diretriz Brasileira Sobre Dislipidemias e Prevenção da Aterosclerose do Departamento de Aterosclerose da Sociedade Brasileira de Cardiologia. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, São Paulo, v. 88, Supl. I, p. 2-19, abr. 2007.

DOMÊNICO, C. I. et al. Caracterização agrônômica e pungência em pimenta de cheiro. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 30, n. 3, jul./set. 2012.

DUTRA, F. L. A. et al. Avaliação sensorial e influência do tratamento térmico no teor de ácido ascórbico de sorvete de pimenta. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 4, n. 2, p. 243-251, 2010.

FERNANDES, R. A. et al. Desempenho de diferentes valores críticos de índice de massa corporal na identificação de excesso de gordura corporal e obesidade abdominal em adolescentes. **Revista da Associação Médica Brasileira**, São Paulo, v. 53, n. 6, p. 515-519, 2007.

FERREIRA, M. G. et al. Acurácia da circunferência da cintura e da relação cintura/quadril com preditores de dislipidemias em estudos transversal de doadores de sangue de Cuiabá Mato Grosso, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 22, p. 307-314, fev. 2006.

FONSECA-ALANIZ, M. H. et al. O tecido adiposo como centro regulador do metabolismo. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 50, n. 2, p. 216-229, abr. 2006.

FORD, E. S.; GILES, W. H.; DIETZ, W. H. Prevalence of the metabolic syndrome among US adults: findings from the Third National Health and Nutrition Examination Survey. **The Journal of The American Medical Association**, v. 287, p. 356–359, jan. 2002.

FORTES, R. C. et al. Hábitos dietéticos de pacientes com câncer colorretal em fase pós-operatória. **Revista Brasileira de Cancerologia**, v. 53, n. 3, p. 277-289, 2007.

FORTES, R. C.; MUNIZ, L. B. Efeitos da suplementação dietética com frutooligossacarídeos e inulina no organismo humano: estudo baseado em evidências. **Comunicação em Ciências da Saúde**, Brasília, v. 20, n. 3, p. 241-252, abr. 2010.

FRANCISCHI, R. P. P. et al. Obesidade: atualização sobre sua etiologia, morbidade e tratamento. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 13, n. 1, p. 17-28, jan./abr. 2000.

GAO, W. et al. Plasma levels of lipometabolism-related miR-122 and miR-370 are increased in patients with hyperlipidemia and associated with coronary artery disease. **Lipids in Health and Disease**, v. 11, p. 55-62, 2012.

GHANBARI-NTAKI, A.; SAGHEBJOO, M.; HEDAYATI, M. A Single session of circuit-resistance exercise effects on human peripheral blood lymphocyte ABCA1 expression and plasma HDL-C level. **Regulatory peptides**, v. 166, p. 42-47, 2011.

GRAY, S. L.; VIDAL-PUIG, A. J. Adipose tissue expandability in the maintenance of metabolic homeostasis. **Nutrition Reviews**, v. 65, p. S7–S12, 2007.

GRECO, D. S. A vida é curta se você come a sobremesa primeiro: implicações clínicas de estudo purina 448. In: **The Purina Pet. Institute Symposium**. St. Louis: Nestlé Purina, 2002, p.30-32.

GROSSO, A. F. **Ações anti-inflamatórias de pioglitazona e sinvastatina: comparação entre plasma e tecido adiposo epicárdico em pacientes com**

**doença arterial coronariana e síndrome metabólica.** 2012. 115 f. Tese (Doutorado em Cardiologia) – Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo.

GUEDES, D. P. et al. Fatores de risco cardiovasculares em adolescentes: indicadores biológicos e comportamentais. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 86, n. 6, p. 439-450, 2006.

GUIMARÃES, I. C. B. et al. Pressão arterial: efeito do índice de massa corporal e da circunferência abdominal em adolescentes. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 90, n. 6, p. 426-432, 2008.

HAMED, M. R. et al. An experimental study on the therapeutic efficacy of the combined administration of herbal medicines with atorvastatin against hyperlipidemia in rats. **Journal of Applied Sciences Research**, v. 6, n. 11, p. 1730-1744, 2010.

HARAMIZU, S. et al. Capsiate, a nonpungent capsaicin analog, increases endurance swimming capacity of mice by stimulation of vanilloid receptors. **Bioscience, Biotechnology and Biochemistry**, v. 70, n. 4, p. 774-781, mai. 2006.

HURSEL, R.; WESTERTERP-PLANTENGA, M. S. Thermogenic ingredients and body weight regulation. **International Journal of Obesity**, v. 34, p. 659-669, fev. 2010.

INOUE, N. et al. Enhanced energy expenditure and fat oxidation in humans with high BMI scores by the ingestion of novel and non-pungent capsaicin analogues (capsinoids). **Bioscience, Biotechnology and Biochemistry**, v. 71, n. 2, p. 380-389, 2007.

KAPPEL, V. D. **Avaliação das propriedades antioxidante e antimicrobiana de extratos de *Capsicum baccatum* L.var. *pendulum*.** 2007. 63 f. Dissertação (Mestrado em Bioquímica) - Instituto de Ciências Básicas da Saúde da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

KASUMOV, T. et al. <sup>2</sup>H<sub>2</sub>O-based high-density lipoprotein turnover method for the assessment of dynamic high-density lipoprotein function in mice. **Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology**, v. 33, n. 8, p. 1994-2003, 2013.

KAWABATA, F. et al. Non-pungent capsaicin analogs (capsinoids) increase metabolic rate and enhance thermogenesis via gastrointestinal TRPV1 in mice. **Bioscience, Biotechnology and Biochemistry**, v. 73, n. 12, p. 2690–2697, 2009.



- KAWADA, T. et al. Capsaicin-induced beta-adrenergic action on energy metabolism in rats: influence of capsaicin on oxygen consumption, the respiratory quotient, and substrate utilization. **Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine**, v. 183, p. 250–256, 1986.
- KHERA, A. V. et al. Cholesterol efflux capacity, high-density lipoprotein function, and atherosclerosis. **The New England Journal of Medicine**, v. 364, p. 127-135, 2011.
- KIM, K.; PARK, Y. Food components with anti-obesity effect. **Annual Review of Food Science and Technology**, v. 2, p. 237-257, apr. 2011.
- KOMATSU, T. R., BURITI, F. C. A.; SAAD, S. M. I. Inovação, persistência e criatividade superando barreiras no desenvolvimento de alimentos probióticos. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 44, n. 3, p. 329-347, jul./set. 2008.
- KUBA, V. M. et al. Resistência insulínica e perfil metabólico em pacientes com síndrome dos ovários policísticos de peso normal e sobrepeso/obesidade. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, São Paulo, v. 50, n. 6, p. 1026-1033, dez. 2006.
- KULICK, D. Animais gordos e a dissolução da fronteira entre as espécies. **Mana**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 481-508, out. 2009.
- LAMARÃO, R. C., FIALHO, E. Aspectos funcionais das catequinas de chá verde no metabolismo celular e sua relação com a redução da gordura corporal. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 22, n. 2, p. 257-269, mar./abr. 2009.
- LEAL, V. O.; MAFRA, D. Adipokines in obesity. **Clinica Chimica Acta**, v. 419, p. 87–94, 2013.
- LEANÇA, C. C. et al. HDL: the yin-yang of cardiovascular disease. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 54, p. 777-784, 2010.
- LIANG, Y. T. et al. Capsaicinoids lower plasma cholesterol and improve endothelial function in hamsters. **The European Journal of Nutrition**, v. 52, p. 379–388, 2013.
- LOPES, E. V.; OKURA, M. H. Estudo de vida-de-prateleira e análise sensorial de conserva e molho da pimenta biquinho. **FAZU em Revista**, Uberaba, n. 2, p. 97-106, 2005.
- LUO, X.; PENG, J.; LI, Y. Recent advances in the study on capsaicinoids and capsinoids. **European Journal of Pharmacology**, v. 650, p. 1-7, 2011.
- LUZ, F. J. F. **Caracterizações morfológica e molecular de acessos de pimenta (*Capsicum chinense* Jaqc.)**. 2007. 81 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

MADEIRA, I. R. et al. O impacto da obesidade sobre os componentes da síndrome metabólica e as adipocitoquinas em crianças pré-púberes. **Jornal de Pediatria**, Porto Alegre, v. 85, n. 3, p. 261-268, mai./jun. 2009.

MARTÍNEZ-ÁLVAREZ, J. R.; GÓMEZ-CANDELA, C.; VILLARINO-MARÍN, A. L. Obesidad y alimentos funcionales: son eficaces los nuevos ingredientes y productos? **Revista de Medicina de la Universidad de Navarra**, v. 50, n. 4, p. 31-38, 2006.

MARY-JON, L.; MOORE, G. E.; MATTES, R. D. The effects of capsaicin and capsiate on energy balance: critical review and meta-analyses of studies in humans. **Chemical Senses**, v. 37, p. 103–121, 2012.

MORAES F. P.; COLLA L. M. Alimentos funcionais e nutracêuticos: definições, legislação e benefícios à saúde. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v. 3, n. 2, p. 99-112, 2006.

MOURÃO, L. H. E. et al. Avaliação sensorial de barras de cereais de caju ameixa com alto teor de fibras. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 23, n. 2, p. 287-295, abr./jun. 2012.

NATIONAL HEART, LUNG AND BLOOD INSTITUTE. **What causes high blood cholesterol?** 2012a. Disponível em: <<http://www.nhlbi.nih.gov/health/health-topics/topics/hbc/causes.html>> Acesso em: 13 set. 2013.

NATIONAL HEART, LUNG AND BLOOD INSTITUTE. **How is high blood cholesterol diagnosed?** 2012b. Disponível em: <<http://www.nhlbi.nih.gov/health/health-topics/topics/hbc/diagnosis.html>> Acesso em: 13 set. 2013.

NAVES, A.; PASCHOAL, V. C. P. Regulação funcional da obesidade. **ConScientiae Saúde**, São Paulo, v. 6, n. 1, p. 189-199, 2007.

NUEZ, F. **El cultivo de pimientos, chiles y ajies**. Madri: Ediciones Mundi-Prensa, 1995.

OHNUKI, K. et al. Administration of capsiate, a non-pungent capsaicin analog, promotes energy metabolism and suppresses body fat accumulation in mice. **Bioscience, Biotechnology and Biochemistry**, v. 65, n. 12, p. 2735-2740, 2001.

OLINTO, M. T. A. et al. Intervention levels for abdominal obesity: prevalence and associated factors. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 22, n. 6, p. 1207-1215, jun. 2006.

OLIVEIRA, C. N.; COSTA, R. G.; RIBEIRO, R. L. Obesidade abdominal associada à fatores de risco à saúde em adultos. **Saúde & Ambiente em Revista**, Duque de Caxias, v. 3, n. 1, p. 34-43, jan./jun. 2008.

PIZZI, J. et al. Relação entre aterosclerose subclínica, pressão arterial e perfil lipídico em crianças e adolescentes obesos: uma revisão sistemática. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 57, n. 1, p. 1-6, 2013.

PRUDÊNCIO, B. L. P.: **Avaliação do efeito da suplementação de frutooligossacarídeos sobre a pressão arterial de adultos**. 2009. 47 f. Monografia (Pós-Graduação em Medicina e Ciências da Saúde) - Departamento de Medicina, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

QUEIROZ, J. C. F. et al. Controle da adipogênese por ácidos graxos. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, São Paulo, v. 53, n. 5, p. 582-594, jul. 2009.

RAUD, C. Os alimentos funcionais: a nova fronteira da indústria alimentar – Análises estratégicas da Danone e da Nestlé no mercado brasileiro de iogurtes. **Revista de Sociologia e Política**, Curitiba, v. 16, n. 31, p. 85-100, nov. 2008.

REZENDE, F. A. C. Índice de massa corporal e circunferência abdominal: Associação com fatores de riscos cardiovasculares. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, Viçosa, v. 87, p. 728-734, 2006.

ROSA, E. C. et al. Obesidade visceral, hipertensão arterial e risco cárdio-renal: uma revisão. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, São Paulo, v. 49, n. 2, p. 196-204, abr. 2005.

ROVER, M. R. M. et al. Lipid profile and its relationship with atherosclerosis risk factors in children and adolescents. **RBAC da Universidade Federal de Santa Catarina**, Florianópolis, v. 42, n. 3, p. 191-195, 2010.

SAITO, M.; YONESHIRO, T. Capsinoids and related food ingredients activating brown fat thermogenesis and reducing body fat in humans. **Current Opinion in Lipidology**, v. 24, p. 71–77, 2013.

SANTOS, L. C. ; CANÇADO, I. A. C. Probióticos e prebióticos: vale a pena incluí-los em nossa alimentação! **SYNTHESIS Revista Digital FAPAM**, Pará de Minas, n. 1, p. 1-10, 2009.

SCHERER, B. S. **Avaliação dos efeitos antifibróticos do suco total e frações da pimenta *Capsicum baccatum* na linhagem celular GRX**. 2010. 54f. Dissertação (Mestrado em Biologia Celular e Molecular) - Faculdade de Biociências da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SILVA, G. A. P.; BALABAN, G.; MOTTA, M. E. F. A. Prevalência de sobrepeso e obesidade em crianças e adolescentes de diferentes condições socioeconômicas. **Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil**, Recife, v. 5, n. 1, p. 53-59, jan./mar. 2005.

SNITKER, S. et al. Effects of novel capsinoid treatment on fatness and energy metabolism in humans: possible pharmacogenetic implications. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 89, p. 45-50, 2009.

SOUZA, J. M. B. et al. Obesidade e tratamento: desafio comportamental e social. **Revista Brasileira de Terapias Cognitivas**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, jun. 2005.

STARK, C. B. **Características e benefícios da capsaicina**. 2008. 39 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química de Alimentos) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

TANAKA, Y. et al. Assessment of capsiconinoid composition, nonpungent capsaicinoid analogues, in *capsicum* cultivars. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, n. 12, p. 5407-5412, 2009.

TANI, Y. et al. Effects of capsinoid on serum and liver lipids in hyperlipidemic rats. **Nutritional Science and Vitaminology**, v. 50, n. 5, p. 351-355, 2004.

TENÓRIO, L. H. S. et al. Obesidade e testes de função pulmonar em crianças e adolescentes: uma revisão sistemática. **Revista Paulista de Pediatria**, v. 30, n. 3, p. 423-430, 2012.

THAMER, K. G.; PENNA, A. L. B. Caracterização de bebidas lácteas funcionais fermentadas por probióticos e acrescidas de prebiótico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 3, p. 589-595, jul./set. 2006.

TRAISH, A. M. et al. The dark side of testosterone deficiency: I. Metabolic syndrome and erectile dysfunction. **Journal Andrology**, v. 30, p. 10–22, 2009.

TRIGUEROS, L. et al. Food ingredients as anti-obesity agents: a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 53, n. 9, p. 929-942, 2013.

TSI, D. et al. Clinical study on the combined effect of capsaicin, green tea extract and essence of chicken on body fat content in human subjects. **Journal of Nutritional Science and Vitaminology**, Tokyo, v. 49, p. 437–441, 2003.

VOLTERA, A. F. et al. Efeito da indução de obesidade neuroendócrina sobre a hemodinâmica sistêmica e a função ventricular esquerda de ratos normotensos. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, São Paulo, v. 52, n. 1, p. 47-54, Feb. 2008.

WHITIN G. S.; DERBYSHIRE, E.; TIWARI, B. K. Capsaicinoids and capsinoids: a potential role for weight management?: a systematic review of the evidence. **Appetite**, v. 59, p. 341–348, 2012.

YONESHIRO, T. et al. Nonpungent capsaicin analogs (capsinoids) increase energy expenditure through the activation of brown adipose tissue in humans. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 95, n. 4, p. 845–850, 2012.

YOSHIOKA, M. et al. Effects of red-pepper diet on the energy metabolism in men. **Journal of Nutritional Science and Vitaminology**, Tokyo, v. 41, p. 647–656, 1995.

ZANCANARO, R. D. **Pimentas: tipos, utilização na culinária e funções no organismo**. 2008. 43f. Monografia (Pós-Graduação em Gastronomia e Saúde) - Centro de Excelência em Turismo – CET, da Universidade de Brasília – UnB, Brasília.

## ARTIGO CIENTÍFICO<sup>1</sup>

Efeito do análogo capsiate (*Capsicum annuum*) sobre a termogênese e perfil lipídico de ratas Wistar obesas e não obesas

**Luciane de Souza R. Nogueira<sup>1</sup>, Alessandra Melchert<sup>2</sup>, Cecília B. Laposy<sup>3\*</sup>, Helton K. Araújo<sup>4</sup>**

1 Mestre em Ciência Animal – Universidade do Oeste Paulista - Unoeste, Presidente Prudente - SP.

2 Professora Assistente Doutora do Departamento de Clínica Veterinária, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – FMVZ, Universidade Estadual Paulista - Unesp, Botucatu - SP.

3 Professora do Mestrado em Ciência Animal - Universidade do Oeste Paulista - Unoeste, Presidente Prudente - SP. Laboratório de Patologia Clínica do Hospital Veterinário da Unoeste. Rod. Raposo Tavares Km 572, Bairro Limoeiro. 19075-175, Presidente Prudente, SP.

4 Discente da Medicina Veterinária – Universidade do Oeste Paulista - Unoeste, Presidente Prudente - SP.

### Resumo

O objetivo do estudo foi avaliar o efeito do análogo capsiate (*Capsicum annuum*) sobre a termogênese e perfil lipídico de ratas Wistar obesas e não obesas. Foram utilizadas 64 ratas Wistar, com 60 dias de idade e peso médio de 200g. Os animais foram divididos em quatro grupos (n=16), onde receberam os tratamentos por seis semanas: Grupo Controle (C): alimentados com dieta padrão comercial (Labina<sup>®</sup>) e água filtrada (placebo); Grupo Controle+Capsiate (CC): alimentados

---

<sup>1</sup> Artigo elaborado seguindo as normas da revista Nutrition.

\* Autor para correspondência: Tel.: 55183229-2066. FAX: 553229-2076. e-mail: claposy@unoeste.br.

com dieta padrão comercial (Labina<sup>®</sup>) e capsiate; Grupo Obeso (O): alimentados com dieta hiperlipídica e água filtrada (placebo); Grupo Obeso+Capsiate (OC): alimentados com dieta hiperlipídica e capsiate. Para avaliação da termogênese, foram aferidos a cada sete dias, durante o experimento, a temperatura corporal retal e o peso das ratas. Na 7<sup>a</sup> semana os animais foram anestesiados e a eutanásia realizada através de exanguinação por punção cardíaca para determinação do perfil lipídico por meio da dosagem dos triglicérides, colesterol total e fração HDL-Col (lipoproteína de alta densidade). Os resultados evidenciaram um aumento de temperatura do grupo OC, bem como elevação dos níveis de HDL-Col nos grupos suplementados (CC e OC). Conclui-se que a suplementação com capsiate por curto tempo, aumentou a termogênese, acelerando o metabolismo e influenciando positivamente os níveis de HDL-Col, podendo ser utilizada como mais uma forma de tratamento da obesidade. Novos estudos são necessários para avaliar a potencialização do efeito do capsiate associado à atividade física regular e alimentação balanceada.

Palavras-chave: obesidade, capsaicina, metabolismo, ratos, dislipidemia.

## **Introdução**

A obesidade é conceituada como um estado nutricional anormal, causada pelo aumento de gordura corporal, podendo levar ao desenvolvimento de diversas doenças como dislipidemia, diabetes, doenças cardiovasculares e conseqüentemente, aumentar a mortalidade em países desenvolvidos e em desenvolvimento [1].

Várias estratégias têm sido propostas para elevar o gasto energético e a taxa metabólica com o intuito de reduzir a gordura e o peso corporais [2],

contrapondo a diminuição da taxa metabólica que ocorre com o ganho de gordura [3]. Por este motivo, inúmeros suplementos dietéticos têm surgido nos últimos anos para ajudar neste tratamento [4], sendo atribuídas às pimentas propriedades termogênicas, emagrecedoras e hipolipemiantes [5,6].

O termo capsiate é frequentemente utilizado para denominar o grupo de capsinóides, provenientes da pimenta, que são uma família de compostos análogos à capsaicina, presentes em maior quantidade, mas com propriedades não pungentes, extraídos da *Capsicum Annuum* L-CH-19 Sweet (pimenta doce) [7,8].

O capsiate é conhecido por seu efeito denominado termogênico, pois ativa reações no tecido adiposo, aumenta a oxidação lipídica, gera maior gasto de energia e conseqüente aumento do metabolismo, proporcionando sensação de calor em pequenos roedores e também em seres humanos [5,9].

A hiperlipidemia é uma alteração no perfil lipídico, caracterizada por aumento nos níveis plasmáticos de colesterol e triglicérides, que contribui para o alto risco de desenvolvimento de doença arterial coronariana (DAC), sendo esta uma das principais causas de mortalidade e morbidade mundial [10]. Estudos, em humanos [11,12], e em ratos [6,13] têm demonstrado que tanto a administração de capsaicina, quanto de seus análogos, além de terem efeito termogênico, podem levar a uma melhora nos níveis plasmáticos dos lipídios, resultando em uma diminuição do colesterol total e triglicérides, assim como uma redução da massa de gordura.

Atualmente, animais têm sido usados como modelo experimental em vários campos da pesquisa biológica, e vários estudos confirmam que o rato (*Rattus norvegicus* - Wistar) é o animal mais usado em pesquisas científicas [14].



Sendo assim, este estudo objetivou avaliar o efeito do capsiate (*Capsicum annuum*) sobre a termogênese e perfil lipídico de ratas Wistar obesas e não obesas.

## **Material e Métodos**

### *Animais*

O trabalho foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da instituição onde o ensaio foi conduzido, sob o protocolo número 948/11.

Foram utilizadas 64 ratas Wistar, adultas, com 60 dias de idade, e peso médio de 200g. Durante as seis semanas de tratamento, os animais foram mantidos em gaiolas individuais, com livre acesso a água e alimento, fotoperíodo de 12h claro/escuro e temperatura média de  $22^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$ .

Os animais foram divididos em quatro grupos (n=16), onde receberam os tratamentos durante seis semanas: Grupo Controle (C): alimentados com dieta padrão (ração comercial Labina<sup>®</sup>) e água filtrada (placebo); Grupo Controle+Capsiate (CC): alimentados com dieta padrão (ração comercial Labina<sup>®</sup>) e capsiate; Grupo Obeso (O): alimentados com dieta hiperlipídica ou dieta palatável hiperlipídica (DPH), segundo Estadella et al. (2004) [15] e água filtrada (placebo); Grupo Obeso+Capsiate (OC): alimentados com dieta hiperlipídica e capsiate.

A DPH consiste em mistura hipercalórica, normoprotéica e hiperlipídica contendo ração comercial Presence<sup>®</sup>, amendoim torrado, chocolate ao leite e bolacha maisena na proporção 3:2:2:1, com a composição de 20% de proteínas, 24% de lipídios, 41% de carboidratos, 5,9% de fibras e 5% de resíduos minerais, com densidade calórica de 20,2 kJ/100g [16].

A cada 7 dias foi avaliado o peso em gramas (g) em balança digital (ELC-10) e verificada a temperatura corporal retal, através de termômetro digital (Termo Med).

O placebo (água filtrada) e o capsiate (diluído em 0,5 mL de água filtrada), usado na dose de 10 mg por animal [13,17], foram administrados por gavagem diariamente, em dose única, durante as seis semanas.

Na sétima semana as ratas foram anestesiadas com Tiopental Sódico (Thiopentax<sup>®</sup> na dose de 30 mg/Kg), associado ao Zolazepan (Zoletil<sup>®</sup> na dose de 10 mg/Kg). A eutanásia foi realizada através de exanguinação por punção cardíaca, para a coleta de sangue, com tubos a vácuo, a fim de realizar os exames laboratoriais.

#### *Exames laboratoriais*

Para determinação do perfil lipídico, foram avaliados os triglicérides, o colesterol total e sua fração HDL-Col (lipoproteína de alta densidade). Os exames foram realizados através do método colorimétrico enzimático, utilizando Kits bioquímicos (Labtest<sup>®</sup>) e dosados em analisador semi-automático (Quick Lab II - Drake<sup>®</sup>).

#### *Análise estatística*

Empregou-se o teste de análise de variância (ANOVA *one-way*) para comparação entre grupos dentro de cada momento e ANOVA para medidas repetidas para comparação entre momentos dentro de cada grupo. O nível de significância adotado foi de 5% para todas as comparações.

### **Resultados**

Os valores médios e desvio-padrão relativos à temperatura e peso dos diferentes grupos estão expressos na Tabela 1.

Na análise da temperatura das ratas foi encontrada uma diferença significativa ao se comparar o grupo O com relação ao grupo CC, onde a temperatura das ratas suplementadas com capsiate manteve-se maior. Também se encontrou diferença significativa entre os grupos O e OC, uma vez que mesmo ambos os grupos serem obesos, os animais suplementados com capsiate, apresentaram uma temperatura superior, confirmando seu efeito termogênico (Figura 1).

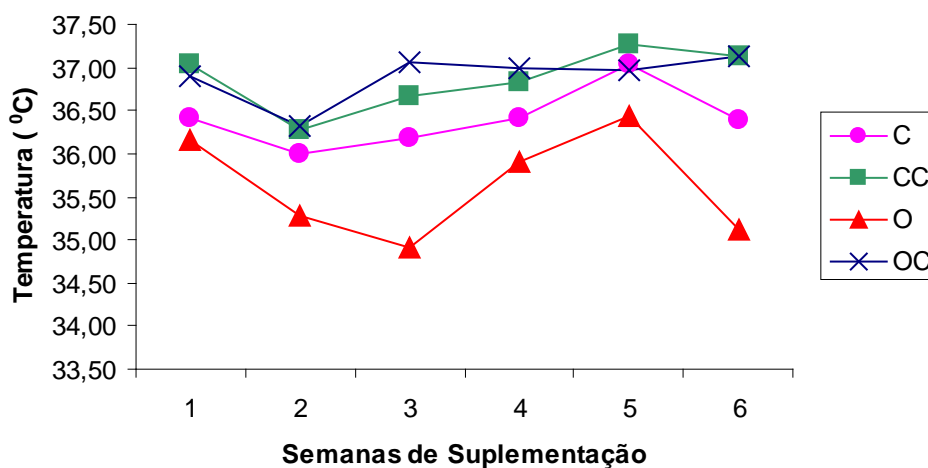


Figura 1: Valores médios de Temperatura dos Grupos C (Controle), CC (Controle+Capsiate), O (Obeso) e OC (Obeso+Capsiate) de ratas Wistar ao final da 6ª semana de suplementação.

Não foi verificada diferença ( $p < 0,05$ ) entre os animais do grupo C com relação ao grupo O e OC e nem entre o grupo O com relação ao grupo OC. Mas quando verificado a temperatura entre os grupos C e o grupo O, o primeiro grupo teve um aumento de temperatura significativo (Tab. 1).

Tabela 1: Valores médios e desvios-padrão de Temperatura e Peso dos Grupos C (Controle), CC (Controle+Capsiate), O (Obeso) e OC (Obeso+Capsiate) de ratas Wistar ao final da 6ª semana de suplementação.

Grupos / Dados	Temperatura (°C)	Peso (g)
C	36,40±0,69	224,31±15,86♣
CC	37,13±0,79	220,62±11,84∇
O	35,12±1,99*	250,08±17,65
OC	37,11±0,93	242,73±22,55

\* P<0,05 em relação C, CC e OC

♣ P<0,05 em relação O, OC

∇ P<0,05 em relação O, OC

Na análise do peso corporal dos animais, observou-se diferença significativa nos valores comparados dos grupos: C em relação ao O e OC. Os grupos O e OC, apresentaram maior ganho de peso quando comparados com o grupo C, sendo que o grupo OC ganhou menos peso que o grupo O (Figura 2).

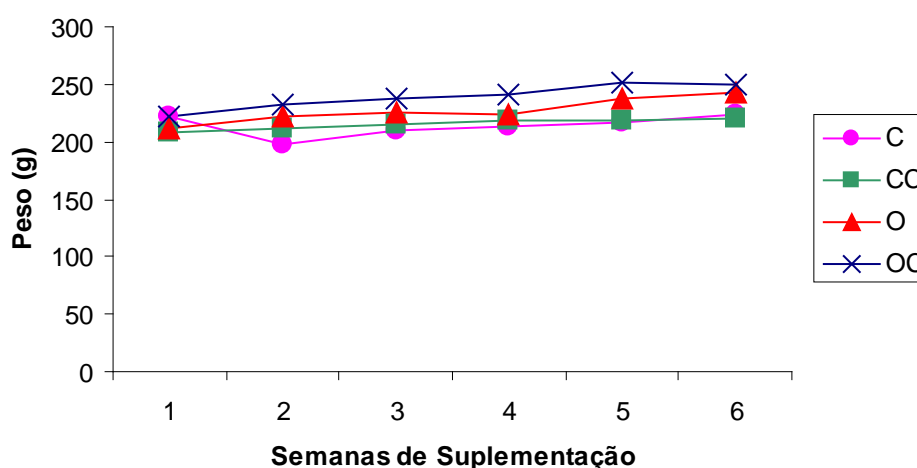


Figura 2: Valores médios de Peso dos Grupos C (Controle), CC (Controle+Capsiate), O (Obeso) e OC (Obeso+Capsiate) de ratas Wistar ao final da 6ª semana de suplementação.

O grupo CC apresentou diferença significativa em relação aos grupos: O e OC, sendo que houve menor ganho de peso no grupo obeso suplementado com o capsiate. O ganho de peso do grupo CC foi ainda menor que os grupos obesos com e sem suplementação. Não houve uma diferença significativa entre o grupo C em relação ao grupo CC e nem entre os grupos O e OC.

Os valores das médias e desvios-padrão relativos ao colesterol total, HDL-Col e triglicerídeos dos diferentes grupos estão expostos na Tabela 2.

Os valores de colesterol total não se alteraram na comparação entre o grupo O com relação aos grupos C, CC e OC. Porém, observou-se um resultado diferente entre as fêmeas do grupo C com relação ao grupo CC e OC, onde o colesterol do grupo C manteve-se menor quando comparado aos outros 2 grupos, mostrando que a suplementação com a substância não influenciou sobre o colesterol total.

Tabela 2: Valores médios e desvios-padrão de Colesterol total, HDL-Col e Triglicérides dos Grupos C (Controle), CC (Controle+Capsiate), O (Obeso) e OC (Obeso+Capsiate) de ratas Wistar ao final da 6ª semana de suplementação.

Grupos / Bioquímicos	Colesterol total (mg/dL)	HDL-Col (mg/dL)	Triglicérides (mg/dL)
C	56,33±11,40♣	51,66±10,81	66,61±30,03
CC	71,37±18,87	57,87±23,10	54,68±21,63
O	62,31±15,11	46,93±17,42	69,62±23,60
OC	71,50±10,44	63,93±8,41♦	71,25±22,18

♣ P<0,05 em relação CC e OC

♦ P<0,05 em relação C e O

Na avaliação do HDL-Col não se observou nenhum resultado significativo entre o grupo C com relação aos grupos O e CC, nem entre os grupos O com relação ao grupo CC e dos animais do grupo CC com relação ao OC.

Na análise estatística, o HDL-Col do Grupo OC foi superior (P<0,05) quando confrontado aos grupos C e O, mostrando que a suplementação foi capaz de aumentar os níveis de HDL-Col para um controle de LDL-Col, diminuindo a probabilidade de desenvolvimento de doença arterial coronariana e cardiopatias.

Com relação à análise dos triglicerídeos, não houve diferença estatística significativa entre os diferentes grupos pesquisados.

## Discussão

Na maioria dos casos, a obesidade é causada por um desequilíbrio entre o gasto calórico total diário e a ingestão alimentar [9]. Por isso, um balanço energético negativo, bem como meios de acelerar as reações metabólicas, são válidos e necessários para produzir um melhor efeito sobre a perda de peso [4].

A temperatura corporal tem relação com a velocidade do metabolismo, onde indivíduos com menos gordura corporal tem uma taxa metabólica e temperatura mais elevadas que indivíduos obesos [18]. Isso foi verificado no estudo quando se comparou a temperatura do grupo C que foi maior em relação ao grupo O ( $p < 0,05$ ), que se manteve menor. Fato semelhante foi verificado em ratas que consumiram maior quantidade de gordura, comparadas as que tiveram menor ingestão da mesma [19].

Na presente pesquisa, nos animais suplementados com capsiate, o efeito da suplementação sobre a temperatura dos animais foi evidente, pois tanto no grupo com dieta normal, quanto no grupo submetido à dieta hiperlipídica, a temperatura foi significativamente maior quando comparada aos outros animais que não foram suplementados. Notou-se que a temperatura também se manteve maior nas ratas suplementadas, até na comparação entre animais submetidos ao ganho de peso, comprovando que a substância tem efeito termogênico, podendo elevar a temperatura corporal, mesmo nos casos de obesidade [3].

Ohnuki et al. (2001) [17], associando 10mg/kg/peso corporal de capsiate a ratos, à uma dieta normal durante 2 semanas, evidenciaram que o capsiate aumentou a secreção de adrenalina, o consumo de oxigênio, elevou a temperatura corporal, com conseqüente aumento no gasto calórico e diminuição de gordura corporal, sugerindo que, apesar da sua não pungência, o capsiate tem

as mesmas ações fisiológicas da capsaicina pungente. O mesmo aumento de temperatura corporal foi observado em estudo com ratos [20] e humanos [21,22].

Em humanos, Lejeune et al. (2003) [23], ao investigarem o efeito da capsaicina na manutenção do peso, comprovaram um aumento do gasto energético e oxidação de gordura no grupo capsaicina comparado com o grupo placebo. Resultados semelhantes foram obtidos por Whiting et al. (2012) [5], que verificaram também uma significativa redução de adiposidade abdominal.

Inoue et al. (2007) [24], avaliando a ingestão de análogos de capsaicina em diferentes doses para avaliação do gasto energético e oxidação de gordura em 44 indivíduos com graus elevados de índice de massa corpórea (IMC), constataram que, após 4 semanas, os grupos suplementados apresentaram consumo de oxigênio ( $VO_2$ ), gasto energético de repouso e oxidação de gordura ligeiramente maiores. O aumento da oxidação de gordura foi positiva e significativamente correlacionada ao IMC, mostrando que a ingestão de capsinoides seria capaz de aumentar o gasto energético e a queima de gordura em seres humanos, particularmente aqueles com IMC elevado. Com isso, notou-se que a substância não foi capaz de evitar o ganho de peso reforçando que para a eficiência no tratamento da obesidade é importante se aliar a dieta equilibrada com a prática de exercício físico, para que haja uma efetiva melhora no peso corporal [25,26].

O consumo de capsaicina ou capsiate está supostamente relacionado à redução do peso e gordura corporal [27,28]. Outros ensaios utilizando as mesmas substâncias, também não mostraram efeito significativo sobre o peso corporal, mas associam a capsaicina com melhora e elevação do metabolismo [12,23].

Josse et al. (2010) [29], avaliando os efeitos da ingestão de capsinoide sobre o gasto energético e a oxidação lipídica em homens no repouso e durante o

exercício, concluíram que a ingestão de 10 mg de capsinóide aumentou a atividade adrenérgica, o gasto de energia, e resultou em uma mudança na utilização do substrato lipídico em repouso, mas teve pouco efeito durante o exercício ou recuperação. Os dados confirmaram os efeitos termogênicos e metabólicos desta substância em repouso, mostrando seu papel como suplemento auxiliar na perda de peso em conjunto com dieta e exercício.

Nos últimos anos, a doença arterial coronariana (DAC) é considerada como sendo uma das principais causas de mortalidade e morbidades, tendo sido relacionada a alguns fatores e entre eles, a obesidade [30] e as hiperlipidemias [31].

Estudos mostram que a associação entre concentrações séricas elevadas de Colesterol total e LDL-colesterol (low density lipoprotein, cholesterol) mais a diminuição de HDL-colesterol (high density lipoprotein, cholesterol), aumentam o risco de DAC [32].

No presente estudo não se verificou uma modificação efetiva sobre os níveis de colesterol total, com a suplementação com o capsiate, diferente do encontrado por Tani et al. (2004) [6] e Liang et al. (2013) [33], que avaliaram os efeitos do capsinoide em soro e lipídios no fígado em ratos hiperlipidêmicos e observaram resultados positivos, com redução do colesterol total, do LDL-Col e dos triglicérides.

Segundo Kasumov et al. (2013) [34], a HDL-Col é uma lipoproteína formada no fígado, intestinos e circulação, de alta densidade, cujo principal papel é reencaminhar colesterol da corrente sanguínea para o fígado, para que o mesmo possa ser reutilizado nas suas funções, diminuindo o risco de DAC.



Por participar do transporte reverso de colesterol das artérias, removendo-o dos tecidos periféricos, e o transportando de volta para o fígado, para que seja excretada na bile, a HDL-Col é antiaterogênica, sendo clara sua atividade antiinflamatória, antitrombótica e antioxidante [35,36]. A elevação nos níveis sanguíneos de HDL-Col está associada à perda de peso e à prática de exercício físico [37,38].

No presente estudo, com o capsiate, elevou as taxas de HDL-Col do grupo OC quando comparado aos demais grupos, tanto que mantiveram seu peso quanto a aqueles que foram induzidos à obesidade, com e sem o suplemento. Este fato demonstrou que a suplementação com capsiate foi capaz de aumentar os níveis de HDL-Col, lipoproteína esta de grande importância para o combate da DAC [39], mesmo quando houve um aumento na adiposidade corporal. Esta descoberta foi importante, haja visto que não há estudos com o capsiate demonstrando esse fato.

Não foram observados efeitos sobre os níveis sanguíneos de triglicerídeos nos ratos com ou sem suplementação com o capsiate.

A má alimentação e o sedentarismo estão amplamente envolvidos com obesidade, aumento do perfil lipídico e DAC [40,41]. O uso de substâncias naturais com propriedades termogênicas e hipolipemiantes, associados a atividade física e alimentação saudável, podem melhorar a qualidade de vida das pessoas [42,43].

### **Conclusão**

Conclui-se que, a suplementação com 10 mg de capsiate, por 6 semanas, aumentou a termogênese, acelerando o metabolismo e influenciando positivamente os níveis de HDL-Col, o que sugere seu benefício sobre o controle

da obesidade. Novos estudos são necessários para avaliar a potencialização do efeito do capsiate associado à atividade física regular e alimentação balanceada.

### **Referências**

- [1] Birerdinc A, Jarrar M, Stotish T, Randhawa M, Baranova A. Manipulating molecular switches in brown adipocytes and their precursors: a therapeutic potential. *Prog Lipid Res* 2013;52:51–61.
- [2] Diepvens K, Westerterp KR, Westerterp-Plantenga MS. Obesity and thermogenesis related to the consumption of caffeine, ephedrine, capsaicin, and green tea. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2007;292:77-85.
- [3] Hursel R, Westerterp-Plantenga MS. Thermogenic ingredients and body weight regulation. *Int J Obes* 2010;34:659-669.
- [4] Mary-Jon L, Moore GE, Mattes RD. The effects of capsaicin and capsiate on energy balance: critical review and meta-analyses of studies in humans. *Chem Senses* 2012;37:103–121.
- [5] Whittin GS, Derbyshire E, Tiwari BK. Capsaicinoids and capsinoids. A potential role for weight management? A systematic review of the evidence. *Appetite* 2012;59:341–348.
- [6 12] Tani Y, Fujioka T, Sumioka M, Furuichi Y, Hamada H, Watanabe T. Effects of capsinoid on serum and liver lipids in hyperlipidemic rats. *J Nutr Sci Vitaminol* 2004;50(5):351-355.
- [7] Alemán C. Effects of Capsaicin and Evodiamine Ingestion on Energy Expenditure and Lipid Oxidation at Rest and After Moderately-Intense Exercise in Men [Thesis]. Waco: Faculty of Baylor University; 2012.
- [8] Haramizu S, Mizunoya W, Masuda Y, Ohnuki K, Watanabe T, Yazawa S et al. Capsiate, a nonpungent capsaicin analog, increases endurance swimming

capacity of mice by stimulation of vanilloid receptors. *Biosci Biotechnol Biochem* 2006;70(4):774-781.

[9] Yoneshiro T, Aita S, Kawai Y, Iwanaga T, Saito M. Nonpungent capsaicin analogs (capsinoids) increase energy expenditure through the activation of brown adipose tissue in humans. *Am J Clin Nutr* 2012;95(4):845–850.

[10] Hamed MR, Hassanein NMA, Ali AA, El-Nahhas TMY. An experimental study on the therapeutic efficacy of the combined administration of herbal medicines with atorvastatin against hyperlipidemia in rats. *J Appl Sci Res* 2010;6(11):1730-1744.

[11] Snitker S, Fujishima Y, Shen H, Ott S, Pi-Sunyer X, Furuhashi Y et al. Effects of novel capsinoid treatment on fatness and energy metabolism in humans: possible pharmacogenetic implications. *Am J Clin Nutr* 2009;89(1):45-50.

[12] Luo X, Peng J, Li Y. Recent advances in the study on capsaicinoids and capsinoids. *Eur J Pharmacol* 2011;650:1-7.

[13] Kawabata F, Inoue N, Masamoto Y, Matsumura S, Kimura W, Kadowari M et al. Non-pungent capsaicin analogs (capsinoids) increase metabolic rate and enhance thermogenesis via gastrointestinal TRPV1 in mice. *Biosci Biotechnol Biochem* 2009;73(12):2690–2697.

[14] Fagundes, D. J.; Taha, M. O. Animal disease model: choice's criteria and current animals specimens. *Acta Cir Bras* 2004;19(1):59-65.

[15] Estadella D, Oyama LM, Dâmaso AR, Ribeiro EB, Oller Do Nascimento CM. Effect of palatable hyperlipidic diet on lipid metabolism of sedentary and exercised rats. *Nutrition* 2004;20:218-224.

[16] Bueno AA, Habitante CA, Oyama LM, Estadella D, Ribeiro EB, Nascimento CMO. White adipose tissue re-growth after partial lipectomy in high fat diet induced obese Wistar rats. *J Physiol Sci* 2011;61:55–63.

- [17] Ohnuki K, Haramisu S, Oki K, Watanabe T, Yazawa S, Fushiki T. Administration of capsiate, a non-pungent capsaicin analog, promotes energy metabolism and suppresses body fat accumulation in mice. *Biosci Biotechnol Biochem* 2001;65(12):2735-2740.
- [18] Landsberg L, Young JB, Leonard WR, Linsenmeier RA, Turek FW. Is obesity associated with lower body temperatures? Core temperature: a forgotten variable in energy balance. *Metab Clin Exp* 2009;58:871–876.
- [19] Motter AL, Ahern GP. TRPV1-null mice are protected from diet-induced obesity. *FEBS Lett* 2008;582:2257–2262.
- [20] Ono K, Tsukamoto-Yasui M, Hara-Kimura Y, Inoue N, Nogusa Y et al. Intragastric administration of capsiate, a transient receptor potential channel agonist, triggers thermogenic sympathetic responses. *J Appl Physiol* 2011;110:789-798.
- [21] Galgani JE, Ravussin E. Effect of dihydrocapsiate on resting metabolic rate in humans. *Am J Clin Nutr* 2010;92:1089–1093.
- [22] Lee TA, Li Z, Zerlin A, Heber D. Effects of dihydrocapsiate on adaptive and diet-induced thermogenesis with a high protein very low calorie diet: a randomized control trial. *Nutr Metab* 2010;7:78.
- [23] Lejeune MPGM, Kovacs, EMR, Westerterp-Plantenga MS. Effect of capsaicin on substrate oxidation and weight maintenance after modest body-weight loss in human subjects. *Brit J Nutr* 2003;90:651–659.
- [24] Inoue N, Matsunaga Y, Satoh H, Takahashi M. Enhanced energy expenditure and fat oxidation in humans with high BMI scores by the ingestion of novel and non-pungent capsaicin analogues (capsinoids). *Biosc Biotech Biochem* 2007;71(2):380-389.

- [25] Trigueros L, Peña S, Ugidos AV, Sayas-Barberá E, Pérez-Álvarez JA, Sendra E. Food ingredients as anti-obesity agents: a review. *Crit Ver Food Sci Nutr* 2013;53(9):929-942.
- [26] Blumenthal JA, Babyak MA, Hinderliter A, Watkins LL, Craighead L, Lin P et al. Effects of the dash diet alone and in combination with exercise and weight loss on blood pressure and cardiovascular biomarkers in men and women with high blood pressure. *Arch Intern Med* 2010;170(2):126-135.
- [27] Kim K, Park Y. Food components with anti-obesity effect. *Annual Review of Food Science and Technology* 2011;2:237-257.
- [28] Kawabata F, Inoue N, Yazawa S, Kawada T, Inoue K, Fushiki T. Effects of CH-19 Sweet, a Non-Pungent Cultivar of Red Pepper, in decreasing the body weight and suppressing body fat accumulation by sympathetic nerve activation in humans. *Biosci Biotechnol Biochem* 2006;70(12):2824-2835.
- [29] Josse, AR, Sherriffs SS, Holwerda AM, Andrews R, Staples AW, Phillips SM. Effects of capsinoid ingestion on energy expenditure and lipid oxidation at rest and during exercise. *Nutr Metab* 2010;7:65.
- [30] Raggi P. Epicardial adipose tissue as a marker of coronary artery disease risk. *J Am Coll Cardiol* 2013;61(13):1396-1397.
- [31] Gao W, He H, Wang Z, Zhao H, Lian X, Wang Y et al. Plasma levels of lipometabolism-related miR-122 and miR-370 are increased in patients with hyperlipidemia and associated with coronary artery disease. *Lipids Health Dis* 2012;11:55-62.
- [32] Alberti KGMM, Eckel RH, Grundy SM, Zimmet PZ, Cleeman JI, Donato KA et al. Harmonizing the metabolic syndrome: a joint interim statement of the International Diabetes Federation task force on epidemiology and prevention;

National Heart, Lung, and Blood Institute; American Heart Association; World Heart Federation; International Atherosclerosis Society; and International Association for the Study of Obesity. *Circulation* 2009;120:1640-1645.

[33] Liang YT, Tian X, Chen JN, Peng C, Ma KY, Zuo Y et al. Capsaicinoids lower plasma cholesterol and improve endothelial function in hamsters. *Eur J Nutr* 2013;52:379–388.

[34] Kasumov T, Willard B, Li L, Li M, Conger H, Buffa JA et al. <sup>2</sup>H<sub>2</sub>O-based high-density lipoprotein turnover method for the assessment of dynamic high-density lipoprotein function in mice. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 2013;doi:10.1161/ATVBAHA.113.301700:1994-2003.

[35] Leança CC, Passarelli M, Nakandakare ER, Quintão ECR. HDL: the yin-yang of cardiovascular disease. *Arq Bras Endocrinol Metab* 2010;54:777-784.

[36] Khera AV, Cuchel M, Llera-Moya M, Rodrigues A, Burke MF et al. Cholesterol efflux capacity, high-density lipoprotein function, and atherosclerosis. *N Engl J Med* 2011;364:127-135.

[37] Asztalos BF, Swarbrick MM, Schaefer EJ, Dallal GE, Horvath KV, Ai M et al. Effects of weight loss, induced by gastric bypass surgery, on HDL remodeling in obese women. *J Lip Res* 2009;51:2405-2412.

[38] Ghanbari-Niaki A, Saghebjo M, Hedayati M. A Single session of circuit-resistance exercise effects on human peripheral blood lymphocyte ABCA1 expression and plasma HDL-C level. *Regul Pept* 2011;166:42-47.

[39] Rena RW, Lang W, Wadden TA, Safford M, Knowler WC, Bertoni AG et al. Benefits of Modest Weight Loss in Improving Cardiovascular Risk Factors in Overweight and Obese Individuals With Type 2 Diabetes. *Diab Care* 2011;34(7):1481-1486.

- [40] Fernandes M, Paes C, Nogueira C, Souza G, Aquino L, Borges F et al. Profile of antioxidant nutrient intake in patients with metabolic syndrome. *Rev Cienc Med* 2007;16:209-219.
- [41] Gualano B, Tinucci T. Physical inactivity, exercise and chronic diseases *Rev Bras Educ Fís Esp* 2011;25:37-43.
- [42] Dalleck LC, Van Antilhas GP, Quinn EM, Bredle DL. Primary prevention of metabolic syndrome in the community using an evidence-based exercise program. *Prevent Med* 2013.
- [43] Westerterp KR. Physical activity, food intake, and body weight regulation: insights from doubly labeled water studies. *Nutri Rev* 2010;68:148–154.