UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

VALÉRIA MARIA CASELATO DE SOUSA

EFEITO DO GRÃO DE AMARANTO EXPANDIDO NO PERFIL LIPIDÊMICO DE COELHOS E HUMANOS

TESE DE DOUTORADO APRESENTADA À FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS UNICAMP PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE DOUTOR EM ALIMENTOS E NUTRIÇÃO, NA ÁREA NUTRIÇÃO EXPERIMENTAL.

Prof. Dr. Jaime Amaya-Farfán
ORIENTADOR

Profa. Dra. Maria Elena Guariento
CO-ORIENTADORA

Este exemplar corresponde à versão final da tese defendida por Valéria Maria Caselato de Sousa aprovada pela comissão julgadora em ___/___/___ e orientada pelo Prof. Dr. Jaime Amaya-Farfán.

_____
Assinatura do Orientador

CAMPINAS, 2012

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA POR
LUCIANA P. MILLA – CRB8/8129- BIBLIOTECA DA FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS – UNICAMP

Caselato de Sousa, Valéria Maria
C267e Efeito do grão de amaranto expandido no perfil lipidêmico de coelhos e humanos / Valéria Maria Caselato de Sousa. -- Campinas, SP: [s.n], 2012.

Orientador: Jaime Amaya-Farfán.
Co-orientador: Maria Elena Guariento.
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas.Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1. Amaranto. 2. Alimentos funcionais. 3. Nutrição. 4. Análise sensorial. 5. Dislipidemias. I. Amaya-Farfán, Jaime. II. Guariento, Maria Elena. III. Universidade Estadual de Campinas.Faculdade de Engenharia de Alimentos. IV. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em inglês: Effect of expanded amaranth grain on lipidemic profile of rabbits and humans
Palavras-chave em inglês (Keywords):
Amaranth
Functional foods
Nutrition
Sensory analysis
Dyslipidemia
Área de concentração: Nutrição Experimental Aplicada a Tecnologia de Alimentos
Titulação: Doutor em Alimentos e Nutrição
Banca examinadora:
Jaime Amaya-Farfán [Orientador]
Eros Antonio de Almeida
Karina de Lemos Sampaio
Luciana Silva Ferreira
Patrícia Carla Barbosa Trevisam Moraes
Data da defesa: 14/02/2012
Programa de Pós Graduação: Alimentos e Nutrição

BANCA EXAMINADORA

PROF. DR. JAIME AMAYA-FARFÁN
TITULAR

PROF DR. EROS ANTONIO DE ALMEIDA
TITULAR

DRA. KARINA DE LEMOS SAMPAIO
TITULAR

PROFA. DRA. LUCIANA FERREIRA DA SILVA
TITULAR

PROFA. DRA. PATRÍCIA CARLA BARBOSA TREVIZAM MORAES
TITULAR

PROFA. DRA. HELENA MARIA ANDRÉ BOLINI
SUPLENTE

PROF. DR. LUCIANO BRUNO DE CARVALHO SILVA
SUPLENTE

PROFA. DRA. SANDRA CECÍLIA BOTELHO COSTA
SUPLENTE

" Was mich nicht umbringt, macht mich stark."

" O que não acaba comigo, me fortalece. "

Nietzsche

"Erfültlte Pflicht empfindet sich immer noch als Schuld, weil man sich nie ganz genug getan."

"O dever cumprido deixa ainda uma sensação de culpa, porque nunca se faz absolutamente tudo."

Johann Wolfgang Goethe

"Knowledge, as opposed to fantasies of wish fulfilment, is difficult to come by."

Muitos homens cometem o erro de substituir o conhecimento pela afirmação de que é verdade aquilo que eles desejam.

Bertrand Russell

Aos meus filhos, Guilherme, Virgínia e Alana preciosidades de minha vida, por todo amor, paciência e incentivo hoje e sempre!

DEDICO

AGRADECIMENTOS
DANKSAGUNG

À DEUS por me conceder a oportunidade de uma vida de alegrias, oportunidades de crescimento e realizações.

An Gott dafür, dass er mir ein Leben voller Freude und Chancen, mich zu verwirklichen und zu reifen, gewährt.

Aos meus pais, Waldemar e Virgínia, exemplos de coragem, determinação e honestidade, que sempre acreditaram na minha potencialidade, agradeço pelo apoio, pela vida.

An meine Eltern, Waldemar und Virgínia, Beispiele von Mut, Bestimmtheit und Ehrlichkeit, die immer an meine Leistungsfähigkeit geglaubt haben, ich danke für die Unterstützung und das Leben.

Ao Prof. Dr. Jaime Amaya-Fárfan pela carinhosa amizade, confiança, apoio, dedicação e competência.

An Prof. Dr. Jaime Amaya-Fárfan für die liebevolle Freundschaft, Vertrauen, Unterstützung, Hingabe und Kompetenz.

À Prof Dra. Maria Elena Guariento pela dedicada orientação e amizade, que me ajudaram a transpor vários obstáculos durante o curso.

An Prof. Dr. Maria Elena Guariento für die hingebungsvolle Beratung und Freundschaft, die mir halfen verschiedene Hindernisse während meiner Arbeit zu überwinden.

A Profa. Dra. Monica Neuhauser-Berthold por ter me aceitado como orientadora na Alemanha e por me ensinar, que a paciência e a perseverança são necessárias para a consecução de um trabalho.

An Prof. Dr. Monica Neuhauser-Berthold, die mich als Doktormutter in Deutschland annahm und mir beigebracht hat, dass Geduld und Durchh altevermögen für das Abschließen einer Arbeit nötig sind.

À Comissão Examinadora, Profa. Dra. Sandra Cecília Botelho Costa, Prof. Dr. Eros Antonio de Almeida, Profa. Dra. Helena Maria André Bolini, Profa. Dra. Luciana Silva Ferreira, Dra. Karina Lemos Sampaio, Profa. Dra. Patricia Carla Barbosa Trevisam Moraes, Prof. Dr. Luciano Bruno de Carvalho Silva, pela correção da tese com valiosas sugestões.

An die Prüfungskommission: Prof. Dr. Sandra Cecília Botelho Costa, Prof. Dr. Eros Antonio de Almeida, Prof. Dr. Helena Maria André Bolini, Prof. Dr. Luciana Silva

Ferreira, Dr. Karina Lemos Sampaio, Prof. Dr. Patricia Carla Barbosa Trevisam Moraes, Prof. Dr. Luciano Bruno de Carvalho Silva, für die Korrektur der Doktorarbeit mit wertvollen Ratschlägen.

Às colaboradoras Profa. Dra. Eliana Cotta de Faria e Profa. Dra. Silvia de Barros Mazon, por ter tornado possível a realização das análises bioquímicas.

An die Mitwirkenden Prof. Dr. Eliana Cotta de Faria und Prof. Dr. Silvia de Barros Mazon, die mir die Durchführung der biochemischen Analysen ermöglicht haben.

Ao meu amigo Stefan Klein pela amizade, companheirismo, paciência, nos momentos decisivos na Alemanha e por estar sempre disposto a ser meu tradutor.

An meinen Freund Stefan Klein für Freundschaft, Kameradschaft und Geduld in den entscheidenden Momenten in Deutschland und dafür, dass er mir zu jeder Zeit als Übersetzer zur Seite stand.

As amigas Ana Luisa Spindola e Franciele Bete Petry, pelo apoio sempre, pela amizade incondicional, pelas afinidades germânicas.

An meine Freundinnen Ana Luisa Spindola un d Franciele Bete Petry für dauerhafte Unterstützung, bedingungslose Freundschaft und gemeinsame Affinität zu Deutschland.

A Nadine Kemmel, minha irmã alemã, pela força, amizade, conversas em alemão, passeios e cafés em terras germânicas.

An meine deutsche Schwester Nadine Kemmel für Kraft, Freundschaft, für Gespräche in deutscher Sprache, Spaziergänge und Kaffees.

Às amigas Paula Bucharles e Angélica Mauricio pela amizade, "dicas sensoriais" e apoio em todas as horas.

An meine Freundinnen Paula Bucharles und Angélica Mauricio für Freundschaft, "sensorische" Ratschläge und Unterstützung zu jeder Zeit.

Ao grupo de Frankfurt am Main, Alemanha/DAAD: Jorge Luiz Cardoso Filho, Daniela Matos, Adriana Delgado da Silva, Marcos Silva, Ana Luisa Silva Spinola, Franciele Bete Petry, William Massei Junior, Filipe Campello, Stefan Klein, Roger Lisardo, Fabio Tuche, Letícia Chiara Moço, Monique Hulshof, Arthur Grupillo, pela amizade, carinho, vivências compartilhadas, alegrias, saudades...

An die Gruppe aus Frankfurt am Main, Deutschland/DAAD: Jorge Luiz Cardoso Filho, Daniela Matos, Adriana Delgado da Silva, Marcos Silva, Ana Luisa Silva

Spinola, Franciele Bete Petry, William Massei Junior, Filipe Campello, Stefan Klein, Roger Lisardo, Fabio Tuche, Letícia Chiara Moço, Monique Hulshof, Arthur Grupillo, für Freundschaft, ein liebevolles Miteinander, gemeinsame Erlebnisse, Freuden, Sehnsüchte...

A Universidade aberta da terceira idade/UNESP, particularmente a Profa. Dra. Débora Nicodemo pela inestimável colaboração.

An die öffentliche Universität des 3. Lebensalters/UNESP, besonders an Prof. Dr. Débora Nicodemo für die unschätzbare Zusammenarbeit.

A Casa do Idoso de São José dos Campos, particularmente à coordenadora Lilian Cesare Costa pelo incentivo, colaboração e apoio.

An das Altersheim von São José dos Campos, besonders an die Koordinatorin Lilian Cesare Costa für Ratschläge, Zusammenarbeit und Unterstützung.

A Mitiko Regina Ozaki pela amizade, apoio, dedicação, profissionalismo, paciência, e ajuda imprescindível, para que eu pudesse realizar os trabalhos com os coelhos.

An Mitiko Regina Ozaki für Freundschaft, hingebungsvolle Unterstützung, Geduld und unentbehrliche Hilfe, damit ich die Arbeit mit den Kaninchen durchführen konnte.

A Dra. Angela Butz, que possibilitou a minha estadia em sua casa em Frankfurt am Main/Alemanha, e me ofereceu a sua amizade e compreensão.

An Dr. Angela Butz, die mir meinen Aufenthalt in ihrem Haus in Frankfurt am Main/ Deutschland ermöglichte, für Freundschaft und Verständnis.

Aos responsáveis, colaboradores e secretária Irene, do Ambulatório de Geriatria do Hospital de Clínicas – UNICAMP, pela amizade, incentivo e apoio.

An die Verantwortlichen, Mitarbeiter und Sekretärin Irene des Ambulatório de Geriatria do Hospital de Clínicas – UNICAMP für Freundschaft, Ansporn und Unterstützung.

A Maria Izilda, da Padaria da FEA, pela ajuda no desenvolvimento da receita inicial do bolo de maçã.

An Maria Izilda der Bäckerei der FEA für ihre Hilfe bei der Entwicklung des anfänglichen Apfelkuchenrezepts.

Agradeço ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos.

Ich danke dem CNPq für die Bewilligung des Stipendiums

Agradeço ao DAAD/CAPES pela concessão de bolsa de estudos para o doutorado sanduíche na Alemanha.

Ich danke dem DAAD/CAPES für die Bewilligung des Stipe ndiums meiner „Sandwich“-Promotion in Deutschland.

A Sra. Maria Salgado pela ajuda recebida na Alemanha, através do DAAD.

An Frau Maria Salgado für die durch den DAAD erhaltene Hilfe in Deutschland.

Ao revisor dos textos, por sua presença sempre constante no preparo final da tese, por seu apoio, eficiência e dedicação.

Der Rezensent von Texten durch seine Anwesenheit immer konstant als letzte Vorbereitung der Diplomarbeit, für ihre Unterstützung, Effizienz und Engagement.

Por todas as amizades que nasceram nesta etapa, e a todos os amigos (as), que de uma maneira ou de outra sempre me incentivaram e contribuíram para tornar possível à realização deste trabalho.

Für alle Freundschaften, die in dieser Lebensphase entstanden sind, und an alle Freunde, die mich auf die eine oder andere Weise stets angespornt und zur Verwirklichung dieser Arbeit beigetragen haben.

A todos que de modo direto ou indireto colaboraram para a realização desta conquista.

An alle, die direkt oder indirekt bei der der Realis ierung dieses Werkes mitgewirkt haben.

Meus mais sinceros agradecimentos...
Meinen herzlichsten Dank...

Valéria Caselato

Minha especial gratidão:

Aos meus avós, Nelson Puls e Antonieta Fernandes de Carvalho Puls, por estarem desde o início sempre junto à mim, nos momentos difíceis, me transmitindo coragem, paciência e amor, e nos momentos felizes comemorando os meus progressos e conquistas !!!

Aos idosos que participaram deste trabalho, pela confiança, pela amizade, pela cooperação. Sem eles, não seria possível a realização desta pesquisa.

Obrigada!

ÍNDICE

Lista de Tabelas xiv
Lista de Figuras xvi
Lista de Siglas xviii
Resumo Geral xxi
General Summary xxiii
Introdução Geral 01

CAPÍTULO 1 – ESTADO DO CONHECIMENTO SOBRE OS BENEFÍCIOS DO AMARANTO NA SAÚDE: DOS ENSAIOS *IN VITRO* À PRÁTICA CLÍNICA.

Resumo 04
Abstract 05
1. Introdução 06
1.1. Alimentos Funcionais 06
1.2. Aspectos de legislação e segurança dos alimentos funcionais 08
1.3. Amaranto 11
1.3.1. Atividade Hipocolesterolemiante 13
1.3.2. Influência no Sistema Imune 18
1.3.3. Efeito anti-tumoral 19
1.3.4. Ação na Glicemia 19
1.3.5. Efeito na Hipertensão 21
1.3.6. Efeito Anti-anêmico 22
1.3.7.Atividade Antioxidante e Antidiabética 24
1.3.8. Doença Celíaca 25
1.3.9. Ação Antialérgica 26
1.4 Considerações 26
Referências Bibliográficas 28

CAPÍTULO 2 - DESENVOLVIMENTO DA FORMULAÇÃO DE *MUFFIN* DE MAÇÃ COM FARINHA DE AMARANTO, DETERMINAÇÃO DO PERFIL SENSORIAL E ATITUDE DO CONSUMIDOR.

Resumo 36
Abstract 38
1. Introdução 40
1.1. Uso do grão de amaranto na alimentação humana 40
1.2. Planejamento experimental 42
1.2.1. Planejamento fatorial e “Screening Design” 42
1.3 Análise Sensorial 43
1.4 Bolo 47
2. Material e métodos 50
2.1. Otimização da formulação de *muffin* de maçã com farinha de amaranto 50

2.1.1. Delineamento experimental 50
2.1.2. Preparação do *muffin* 53
2.1.3. Análise Instrumental 54
2.1.3.1. Análise Instrumental da Textura 54
2.1.3.2. Atividade de Água 54
2.1.3.3. Análise Instrumental da Cor 54
2.1.4. Análise de aceitação 55
2.2. Atitude do consumidor 56
2.3. Informação Nutricional 56
2.4. Análise estatística 56
3. Resultados 57
3.1. Análise Instrumental 57
3.1.1. Análise de Textura e Atividade de água 57
3.1.2. Cor 60
3.2. Análise de aceitação 61
3.3. Teste de intenção de compra 64
3.4. Atitude do consumidor 66
3.5. Composição Nutricional 70
4. Conclusão 71
Referências Bibliográficas 73

CAPÍTULO 3 - EFEITO DO CONSUMO DE AMARANTO EM GRÃO EXPANDIDO (*POPPED*) NA REGULAÇÃO DA DISLIPIDEMIA EM COELHOS HIPERCOLESTEROLÊMICOS.

Resumo 81
Abstract 83
1. Introdução 85
1.1. Dislipidemias 85
1.2. Aterogênese 86
1.3. Efeito hipocolesterolemiante do amaranto 90
1.4. Modelo animais 94
2. Material e métodos 96
2.1. Pipoca de amaranto 96
2.2. Material 97
2.3. Ensaio Biológico 97
2.4. Coleta de material biológico 100
2.4.1. Colesterol plasmático e frações 100
2.4.2. Proteína C-reativa 101
2.4.3. Colesterol nas fezes 102
2.4.4. Ácidos biliares nas fezes 102
2.4.5. Quantificação do colesterol tecidual 103
2.4.6. Peroxidação lipídica 103
2.4.7. Função endotelial 104
2.5. Estatística 104

3. Resultados 105
3.1. Características dos animais 105
4. Discussão 113
5. Conclusão 117
Referências Bibliográficas 118

CAPÍTULO 4 - EFEITO DE UM PRODUTO DE AMARANTO SOBRE O PERFIL LIPIDÊMICO DE IDOSOS.

Resumo 129
Abstract 131
1. Introdução 133
1.1. Envelhecimento 133
1.2. Metabolismo lipídico 135
1.3. Perfil lipídico em idosos 138
1.4.Pipoca de amaranto 142
2. Casuística 143
2.1 Modelo de estudo 143
2.2. População 143
2.2.1. Intervenção nutricional 144
2.3. Material e métodos 146
2.3.1. Análise de aminoácidos da pipoca de amaranto 146
2.3.2. Análise de fibras da pipoca de amaranto 146
2.3.3. Variáveis antropométricas 147
2.3.4. Variáveis bioquímicas 150
2.3.5. Variáveis dietéticas 152
2.4. Análise estatística 153
3. Resultados 153
3.1. Pipoca de amaranto 153
3.2. Características dos participantes 155
3.3. Variáveis antropométricas 155
3.4. Variáveis bioquímicas 160
3.5. Variáveis dietéticas 164
4. Discussão 169
5. Conclusão 175
Referências Bibliográficas 176

CONCLUSÃO GERAL 186
ANEXOS 188

Capítulo 1

Tabela 1: Categorias científicas e linguagem proposta para qualificar as alegações de saúde. 09

Capítulo 2

Tabela 1: Ficha técnica de preparação do *muffin* de maçã padrão. 50
Tabela 2: Delineamento experimental Plackett e Burman (PB) de 12 ensaios, com 3 pontos centrais. 52
Tabela 3: Valores codificados e reais das variáveis independentes. 53
Tabela 4: Médias dos resultados dos atributos de textura para *muffin* de maçã com farinha de amaranto. 58
Tabela 5: Média dos resultados das dimensões L* a* b* de cor dos bolos no planejamento experimental. 61
Tabela 6: Médias de aceitação de consumidores em relação à aparência, aroma, sabor, textura e impressão global no teste de aceitação com 37 provadores. 62
Tabela 7: Médias dos consumidores para aparência, aroma, sabor, textura e impressão global no teste de aceitação com 125 provadores. 63
Tabela 8: Caracterização da população estudada, na aplicação da escala de atitude em relação à saúde - HTAS. 67
Tabela 9: Proporção das respostas (%) dadas por consumidores, escore médio, desvio-padrão e coeficiente de Pearson (r) dos itens na escala de atitude em relação à saúde – HTAS. 68
Tabela 10: Classificação da confiabilidade a partir do coeficiente α de Cronbach. 69
Tabela 11: Informação nutricional de uma unidade de *muffin* de maçã com farinha de amaranto, dos ensaios 4, 7 e 8. 70

Capítulo 3

Tabela 1: Análise descritiva das variáveis numéricas dos coelhos (n = 28), nos grupos 1 a 5, em valores médios e desvios-padrão. 106
Tabela 2: Análise descritiva e comparativa das variáveis contínuas entre o cinco grupos. 107
Tabela 3. Análise descritiva das variáveis numéricas nos tempos inicial e final por grupo. 110
Tabela 4. Resultados das ANOVAs para medidas repetidas para comparação entre grupos e tempos. 111

Capítulo 4

Tabela 1: Valores de referência de lípides para indivíduos acima de 20 anos. 141
Tabela 2: Composição nutricional da pipoca de amaranto (100 g). 142
Tabela 3: Classificação do Estado Nutricional de Idosos, segundo o IMC. 148
Tabela 4: Composição aminoacídica da pipoca amaranto, média e desvio-padrão e padrão de aminoácidos essenciais de acordo com a FAO/WHO. 154
Tabela 5: Análise descritiva das variáveis antropométricas da população de idosos (n = 20), em valores médios e desvios-padrão, durante a intervenção (t1, t2, t3). 156
Tabela 6: Análise descritiva e comparativa das variáveis antropométricas da população de idosos, em valores médios e desvios-padrão entre os grupos. 156
Tabela 7. Resultados das ANOVAs para medidas repetidas para estudo *crossover* para comparação entre grupos e tempos. 157
Tabela 8: Variáveis bioquímicas da população de idosos (n = 20), em valores médios, desvios-padrão, durante a intervenção (t1, t2, t3). 160
Tabela 9: Análise descritiva e comparativa das variáveis bioquímicas da população de idosos, em valores médios e desvios-padrão entre os grupos. 160
Tabela 10. Resultados das ANOVAs para medidas repetidas para estudo *crossover* para comparação entre grupos e tempos. 162
Tabela 11: Tabela 11: Variáveis bioquímicas da população de idosos (n = 20), em valores médios, desvios-padrão, durante a intervenção (t1, t2, t3). 165
Tabela 12: Análise descritiva e comparativa das variáveis dietéticas da população de idosos, em valores médios, desvios-padrão, entre os grupos. 165
Tabela 13. Resultados das ANOVAs para medidas repetidas para estudo *crossover* para comparação entre grupos e tempos. 163

Capítulo 2

Figura 1: Distribuição de freqüência das notas correspondentes à escala utilizada para avaliar a intenção de compra para as amostras de *muffin* de maçã com farinha de amaranto, dos 16 ensaios estudados. 65
Figura 2: Distribuição de freqüência das notas correspondentes à escala utilizada para avaliar a intenção de compra para as amostras de bolo de maçã com farinha de amaranto, dos 3 ensaios mais aceitos. 66

Capítulo 3

89
Figura 1: Tipos histológicos da placa de ateroma, segundo Stary *et al*. (1995). 99
Figura 2: Fluxograma do ensaio experimental. 108
Figura 3: Evolução das variáveis colesterol, LDL-c, HDL-c,triglicérides, VLDL-c, PCR, entre os cinco grupos de seguimento. 109
Figura 4: Evolução das variáveis colesterol nas fezes, ácido deoxidocólico, colesterol tecidual, peroxidação tecidual e relaxamento máximo entre os cinco grupos de seguimento. 112
Figura 5: Evolução das variáveis entre os cinco grupos de seguimento nas variáveis peso e colesterol.
Figura 6: Evolução entre os grupos G2 e G3 na variável colesterol nas fezes. 112

Capítulo 4

Figura 1: Composição da população residente, segundo sexo e grupos de idade, Brasil, 2010. 134
Figura 2: Fluxograma representando o delineamento da intervenção. 145
Figura 3: Fluxograma do protocolo de pesquisa. 155
Figura 4: Evolução das variáveis antropométricas de peso e índice de massa corporal, entre os dois grupos de seguimento (grupo 1: amaranto seguido de arroz (Am-Ar) e grupo 2: arroz seguido de amaranto (Ar-Am)) e entre os tempos (t1, t2, t3). 158
Figura 5: Evolução das variáveis antropométricas de circunferência da cintura e área muscular do braço corrigida, prega cutânea tricipital e circunferência da cintura, entre os dois grupos de seguimento (grupo 1: amaranto seguido de arroz (Am-Ar) e grupo 2: arroz seguido de amaranto (Ar-Am)) e entre os tempos (t1, t2, t3). 159
Figura 6: Evolução das variáveis antropométricas de bioimpedância - porcentagem de massa magra, bioimpedância – porcentagem de massa 159

livre de gordura, entre os dois grupos de seguimento (grupo 1: amaranto seguido de arroz (Am-Ar) e grupo 2: arroz seguido de amaranto (Ar-Am)) e entre os tempos (t1, t2, t3).
Figura 7: Evolução das variáveis bioquímicas de glicemia e colesterol, entre os dois grupos de seguimento (grupo 1: amaranto seguido de arroz (Am-Ar) e grupo 2: arroz seguido de amaranto (Ar-Am)) e entre os tempos (t1, t2, t3). 163
Figura 8: Evolução das variáveis bioquímicas de LDL-c, HDL-c, Triglicérides e VLDL-c, entre os dois grupos de seguimento (grupo 1: amaranto seguido de arroz (Am-Ar) e grupo 2: arroz seguido de amaranto (Ar-Am)) e entre os tempos (t1, t2, t3). 163
Figura 9: Evolução das variáveis bioquímicas de creatinina, urea e PCR, entre os dois grupos de seguimento (grupo 1: amaranto seguido de arroz (Am-Ar) e grupo 2: arroz seguido de amaranto (Ar-Am)) e entre os tempos (t1, t2, t3). 164
Figura 10: Evolução das variáveis dietéticas de energia, carboidratos, proteínas e lipídios, entre os dois grupos de seguimento (grupo 1: amaranto seguido de arroz (Am-Ar) e grupo 2: arroz seguido de amaranto (Ar-Am)) e entre as tempos (t1,t2,t3). 168
Figura 11: Evolução das variáveis dietéticas de colesterol, fibras, cálcio e sódio, entre os dois grupos de seguimento (grupo 1: amaranto seguido de arroz (Am-Ar) e grupo 2: arroz seguido de amaranto (Ar-Am)) e entre as tempos (t1,t2,t3). 169

A = Altura

Ac = *Amaranthus cruentus*

ADA = American Dietetic Association

AI: Adequate Intakes

ALT = Alanina aminotransferase

AMBc = Área Muscular do Braço Corrigida

ANOVA = Análise de variância univariada

ANVISA = Agência Nacional de Vigilância Sanitária

AST = Aspartato aminotransferase

BHT = Butilhidroxitolueno

BIA = Bioimpedância Elétrica

ºC = Graus centígrados

CAM = moléculas de adesão celular

CB = Circunferência do Braço

CC = Circunferência da Cintura

CCx = Circunferência da Coxa

CETP = Cholesteryl Ester Transfer Protein

CLAE = Cromatografia líquida de alta eficiência

CP = Circunferência da Panturrilha

CQ = Circunferência do Quadril

CREA = Creatinina

CT = Colesterol total

CYP7A1 = Enzima 7-alfa-hidroxilase

DCNT = Doença crônica não transmissível

dL = Decilitro

DMS: Diferença mínima significativa

DP = Desvio Padrão

DRI = Ingestão Diária Recomendada ou Dietary Reference Intakes

ECA = Enzima conversora da angiotensina

EUA = Estados Unidos da América

FBP = Folate Binding Protein

FDA = Food and Drug Administration

FOS = Frutooligossacarídeos

FOSHU = Foods for Specific Health Use

g = Gramas

GLDH = Urease/glutamato-desidrogenase

GLI = Glicemia

HDL-c = High-density lipoprotein cholesterol

His = Histidina

HMG-CoA = 3-hidroxi-3-metilglutaril Co-A

HTAS = Escala de atitude em relação à saúde (*Health and Taste Attitude Scales)*

IBGE = Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IG = Índice glicêmico

IL-6 = Interleucina 6

IMC = Índice de massa corporal

Kcal = Kilocalorias

Kg = Kilogramas

kHz = KiloHertz

KJ = Kilojoule

LDL-c = Low-density lipoprotein cholesterol

Lpa = Lipoproteína “a”

LLH = lipase de lipoproteínas hepática

LLP = Lipase lipoproteína periférica

LCAT = enzima lecitina colesterol aciltransferase

Leu = Leucina

MG = Massa Gorda

mL = Milílitros

MLG = Massa Livre de Gordura

MM = Massa magra

MS = Ministério da Saúde

N = Nitrogênio

NCEP = National Cholesterol Education Program

nm = Namômetro

OMS = Organização Mundial da Saúde

ONU = Organização das Nações Unidas

P = Peso

PB = Plackett e Burman

PCR = Proteína C-reativa

PCT = Prega Cutânea Tricipital

Per.Tec: Peroxidação lipídica tecidual

Qmr = Quilomícrons

RDA: Recommended Dietary Allowances

RelMax: Relaxamento máximo dependente do endotélio.

RVB = Relativo valor biológico

SAS = Statistical Analysis System

SDG = Secoisolariciresinol diglucosídeo

TBARS = Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico

TG: Triglicérides.

TNF-α = Fator de necrose tumoral alfa

TRC = Transporte reverso do colesterol

UL = Limite Superior Tolerável

UV = Ultravioleta

VLDL-c = Very-low density lipoprotein cholesterol

WHO = World Health Organization

Z = Impedância

µA = MicroÀmpere

µg = Microgramas

µL = Microlitros

RESUMO GERAL

A presente pesquisa teve por finalidade desenvolver e testar a aceitação de um *muffin* de maçã elaborado com farinha de amaranto, e verificar o efeito da ingestão de pipoca de amaranto nos níveis lipidêmicos de coelhos e humanos.

No desenvolvimento do *muffin* foram elaboradas formulações que tiveram avaliadas o grau de aceitação para os atributos aparência, aroma, sabor, textura, impressão global e teste de intenção de compra. Foram realizados análise instrumental de textura, além de atividade de água e cor. A atitude do consumidor foi avaliada através da escala de atitude em relação à saúde – HTAS em 125 consumidores.

A pesquisa com os coelhos teve como objetivo avaliar o efeito do consumo de pipoca de amaranto na regulação da dislipidemia induzida por dieta e na redução da hipercolesterolemia. Foram utilizados 28 coelhos da raça New Zealand, alimentados com dieta hipercolesterolêmica por um período de 21 dias e divididos em 5 grupos, variável de 5 a 7 coelhos em cada grupo: G1 - animais normocolesterolêmicos; G2 – animais hipercolesterolêmicos, dieta normal com amaranto; G3 – animais hipercolesterolêmicos, dieta hipercolesterolêmica com amaranto; G4 – animais hipercolesterolêmicos, dieta normal sem amaranto; G5 – animais hipercolesterolêmicos, dieta hipercolesterolêmica sem amaranto. Ao final do experimento, foram dosados no plasma, o colesterol total e frações (LDL-c, HDL-c, Triacilglicerídeos, VLDL-c) e proteína C-reativa. Foi também verificado a excreção de colesterol e ácidos biliares nas fezes. Em segmentos de aorta dosou-se colesterol tecidual, peroxidação lipídica, função endotelial utilizando-se curvas de concentração/efeito com acetilcolina. Foram observadas redução dos níveis de colesterol total e fração a LDL-c, nos grupos G2, G3 e G4. Houve aumento da excreção de colesterol nas fezes nos grupos G2 e G3. Os resultados de colesterol tecidual apontam um aumento em todos os grupos e a peroxidação lipídica se

mostrou diminuída no grupo G3. Os dados sobre o relaxamento máximo dependente do endotélio demonstraram que o grupo G3 atingiu valores menores. O efeito hipocolesterolemiante também pode ser observado em coelhos hipercolesterolêmicos consumindo uma dieta normal.

A pesquisa realizada com os humanos, tratou-se de um estudo de caso, com 20 idosos, entre 60 e 73 anos de idade, que receberam pipoca de amaranto e pipoca de arroz (placebo), ao longo de três meses. Na avaliação do estado nutricional, as variáveis antropométricas mensuradas foram: peso (P), altura (A), prega cutânea tricipital (PCT), circunferência da cintura (CC), circunferência do quadril (CQ), índice de massa corpórea (IMC), área muscular do braço corrigida (AMBc), massa magra (MM) e a massa livre de gordura (MLG) através da bioimpedância elétrica (BIA). As variáveis bioquímicas foram: glicemia de jejum, uréia, creatinina, colesterol total, LDL-c, HDL-c, triglicérides e proteína C-reativa. As variáveis dietéticas analisadas foram o valor energético e o teor dos nutrientes (carboidratos, proteínas, lipídios, colesterol, fibras, cálcio e sódio). Os resultados apresentados pela ingestão da pipoca de amaranto nas variáveis antropométricas, foram diferenças estatísticas no peso, IMC, CC, CQ, BIA MM%; nas variáveis bioquímicas, constatou-se que houve uma diminuição no HDL-c; e nas variáveis dietéticas registrou-se influência significativa nos valores de cálcio e fibras. Concluiu-se que a pipoca de amaranto não teve um efeito positivo no perfil lipidêmico dos idosos avaliados, mas apresentou mudanças antropométricas positivas.

GENERAL SUMMARY

This study aimed the development and acceptance evaluation of an apple muffin elaborated with amaranth flour, also verifying the effect of amaranth popcorn feeding supplement on lipidemic levels of rabbits and humans.

A number of muffin formulations were prepared during the development processes, which were evaluated based on acceptance degree for attributes such as: appearance, aroma, flavor, texture, overall impression, and purchase intent test. Instrumental texture analysis has been performed along with water activity and color analysis. Consumer attitude was assessed using a scale of attitude towards health - HTAS in 125 consumers.

Amaranth popcorn consumption effects regulating diet induced dyslipidemia and hypercholesterolemia reduction was tested using 28 New Zealand rabbits. They were fed with a hypercholesterolemic diet for a period of 21 days and were divided into 5 groups, each group having between five and seven rabbits: normocholesterolemic animals (G1), hypercholesterolemic fed with normal diet + amaranth (G2), hypercholesterolemic animals fed with hypercholesterolemic diet (G3), hypercholesterolemic animals fed with normal diet without amaranth (G4), and hypercholesterolemic animals fed with hypercholesterolemic diet without amaranth. At the end of the experiment, their plasma was dosed for total cholesterol and (LDL-c, HDL-c, triacylglycerides, VLDL-c) fractions and C-reactive protein. Cholesterol and bile acids feces excretion was also determined. Aorta segments were dosed for tissue cholesterol and endothelial function using concentration/effect curves with acetylcholine. Reduced levels of total cholesterol and LDL-c fraction were observed in groups G2, G3 and G4. There was an increased excretion of cholesterol in the feces of groups G2 and G3. Tissue cholesterol results indicate an increase in every group and lipid peroxidation was found decreased in group G3. The data on endothelium dependent maximum

relaxation showed lower values for group G3 also. The cholesterol lowering effect can also be observed in hypercholesterolemic rabbits consuming a normal diet.

Amaranth effects on elderly people consisted in a case study with 20 elderly, aged between 60 and 73 years old, who received amaranth popcorn and rice popcorn (placebo) for over a period of three months. Nutritional status was assessed measuring anthropometric variables as follows: weight (W), height (H), triceps skin fold (TSF), waist circumference (WC), hip circumference (HC), body mass index (BMI) , corrected arm muscle area (CAMA), lean mass (LM) and fat-free mass (FFM) by bioelectrical impedance analysis (BIA). The assessed biochemical variables were as follows: fasting blood glucose, urea, creatinine, total cholesterol, LDL-c, HDL-c, triglycerides and C-reactive protein. Analyzed dietary variables were the energetic value and nutrient content (carbohydrates, proteins, lipids, cholesterol, fiber, calcium and sodium). The results regarding the ingestion of the amaranth product in the anthropometric variables showed statistical differences in weight, BMI, WC, HC, BIA LM%; as of the biochemical variables, it was found that there was a decrease in HDL-c, and in the dietary variables there was a significant influence on the values of calcium and fiber. It was concluded that the amaranth popcorn did not have a positive effect on blood lipid profile of elderly patients, but showed positive anthropometric changes instead.

INTRODUÇÃO GERAL

A alimentação dos idosos tem sido enfatizada devido ao progressivo crescimento deste segmento da população em nível mundial, inclusive no Brasil, demonstrando a preocupação em proporcionar qualidade de vida aos mesmos, diminuir os custos no setor de saúde, demonstrar cientificamente que a dieta pode alterar a prevalência de doenças crônicas não transmissíveis e sua evolução, e promover a educação nutricional desses idosos com uma consciência e desejo de favorecer a própria saúde.

As dislipidemias são definidas como distúrbios do transporte dos lipídeos que resultam de anormalidades metabólicas na síntese ou degradação das lipoproteínas plasmáticas, que alteram as concentrações dos seus diferentes componentes na circulação (NCEP, 2001).

A dieta é uma das principais formas de controle das dislipidemias, e alguns alimentos apresentam um potencial dislipidêmico e aterogênico, e que se relaciona ao seu conteúdo de colesterol, gorduras saturadas e total energético da dieta (CONNOR *et al*., 1993; YU-POTH, 2000). Em contrapartida, os alimentos possuem outras substâncias, cujo papel na redução das dislipidemias têm sido comprovado. Podemos citar as fibras (solúveis e insolúveis), certas proteínas vegetais, vitaminas, antioxidantes naturais (isoflavonas, fitoesteróis, tocotrienóis) e ácidos graxos mono e polinsaturados (ARTAUD-WILD, 1994; SILVA e SALDANHA, 2007; FROTA *et al*., 2010).

Apesar do amaranto ter sido caracterizado quimicamente e apresentar componentes relacionados com as atividades bioquímicas, pouco se conhece sobre seu potencial funcional. Alguns estudos existentes relacionam o amaranto e estabelecem sua relevância na possível modulação do metabolismo e inibição ou retardamento de processos mórbidos, tanto *in vitro*, quanto em animais de experimentação ou em humanos. A atividade proposta do amaranto promover a modulação dos níveis de colesterol sérico tem sido justificada invocando várias hipóteses para este efeito benéfico na atividade hipocolesterolemiante.

Pesquisadores têm desenvolvido alimentos que incorporem propriedades funcionais fisiológicas, ou seja, que tragam benefícios ao organismo ou que possuam a capacidade de estimular seus sistemas orgânicos.

No desenvolvimento do produto dietético funcional, na presente pesquisa, um *muffin* de maçã com farinha de amaranto, foi avaliado pelos consumidores pela primeira vez, através de análise sensorial, não havendo estudos desta formulação anteriormente.

Optou-se por apresentar a tese em quatro capítulos: o Capítulo 1 apresenta uma revisão de literatura sobre alimentos funcionais e os aspectos de sua legislação e segurança, e sobre o amaranto, relatando a sua utilização na prática clínica, enfocando algumas pesquisas recentes, e os benefícios que conferem à saúde humana; o Capítulo 2 discorre sobre o desenvolvimento da formulação do *muffin* de maçã com farinha de amaranto, utilizando a análise sensorial para avaliar a aceitação do consumidor e intenção de compra, além de levantar a atitude do consumidor em relação á saúde ; o Capítulo 3 tem como propósito avaliar o efeito do consumo do amaranto em grão expandido *(popcorn)* na regulação da dislipidemia induzida por dieta e, particularmente, na redução da hipercolesterolemia em coelhos. Inicialmente apresenta uma revisão sobre o assunto, em seguida expõe os resultados, a discussão e a conclusão; no Capítulo 4 apresenta a avaliação à resposta em relação ao consumo de pipoca de amaranto no perfil lipidêmico de humanos, através de variáveis antropométricas, bioquímicas e dietéticas, em seguida discorre os resultados, a discussão e a conclusão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARTAUD-WILD, S.M.; CONNOR, S.L.; SEXTON, G.; CONNOR, W.E. Differences in coronary mortality can be explained by differences in cholesterol and saturated fat intakes 1040 countries but not in France and Finland. A paradox. **Circulation**, v. 90, n. 6, p. 3118-9, 1994.

CONNOR, W.E.; CONNOR, S.L. Importance of diet in the tratament of familial hypercholesterolemia. **American Journal of Cardiology**, v. 72, n. 10, p. 42D-53D, 1993.

FROTA, K.W.G.; GUERRA-MATIAS, A.C.; ARÊAS, J.A.G. Influence of food components on lipid metabolism: scenarios and perspective on the control and prevention of dyslipidemias. **Ciência e Tecnologia de Alimentos,** v. 30, pp. 7-14, 2010.

NATIONAL CHOLESTEROL EDUCATION PROGRAM (NCEP) Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults (Adult Treatment Panel III). Executive summary of the third report of the National Cholesterol Education Program (NCEP) Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults (Adult Treatment Panel III). **Journal of American Medical Association- JAMA,** 285; p. 2486-2497, 2001.

SILVA, J.M. e SALDANHA, C. Dieta, aterosclerose e complicações aterotrombóticas. **Revista Portuguesa de Cardiologia**, v. 26, n. 3, pp. 277-294, 2007.

YU-POTH, S.; ETHERTHON, T.D.; REDDY, C.C.; PEARSON, T.A., REED, R.; ZHAO, G.; JONNALAGADDA, S.; WAN, Y.; KRIS-ETHERTON, P.M. Lowering dietary saturated fat and total fat reduces the oxidative susceptibility of LDL in healthy men and women**. Journal of Nutrition**, v. 130, n. 9, pp. 2228-37, 2000.

CAPÍTULO 1
ESTADO DO CONHECIMENTO SOBRE OS BENEFÍCIOS DO AMARANTO NA SAÚDE: DOS ENSAIOS *IN VITRO* À PRÁTICA CLÍNICA

RESUMO

O amaranto é um pseudocereal de elevado valor nutricional que apresenta quantidade de fibras e proteínas superior aos outros cereais, este grão apresenta-se como um alimento balanceado, com propriedades funcionais, proporcionando benefícios à saúde. Ao amaranto são atribuídos efeitos benéficos na saúde como, por exemplo, diminuição dos níveis de colesterol plasmático, influência positiva no sistema imune, efeito antitumoral, diminuição na glicemia, efeito na hipertensão arterial e na anemia, ação antialérgica, atividade antioxidante. A presente revisão apresenta uma abordagem sobre o amaranto, relatando a sua utilização na prática clínica, enfocando algumas pesquisas recentes e os benefícios que conferem à saúde humana

Unitermos: amaranto, alimentos funcionais, nutrição, estudos clínicos, humanos.

ABSTRACT

Amaranth is a highly nutritional pseudocereal with a superior amount of fibers and proteins when compared to other cereals. It is a balanced food with functional properties that provides medicinal benefits. The health benefits attributed to amaranth include decreasing plasma cholesterol levels, influencing the immune system, exerting an anti-tumor effect, reducing blood glucose levels and exerting an effect on hypertension and anemia. In addition, it has anti-allergic and antioxidant activities. The present article provides an overview of amaranth that focuses on recent research, reporting its use in clinical practice and its benefits to human health.

Key words: amaranth, functional food, nutrition, clinical studies, humans.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Alimentos Funcionais

Durante o século 20, os nutrientes essenciais (carboidratos, proteínas, lipídios, vitaminas e sais minerais) foram descobertos e estudados, e estabelecidas recomendações nutricionais e guias alimentares, principalmente para a prevenção de deficiências e crescimento do corpo, manutenção e desenvolvimento do ser humano. Entretanto, nos últimos 30 anos, as pesquisas realizadas alertaram que deveria ser evitado o consumo excessivo destes nutrientes sem que os potenciais de suas funções etiológicas nas várias doenças, principalmente nas doenças crônicas, fossem reconhecidos. A grande contribuição do século 20 para a Ciência dos Alimentos foi o conceito de alimentação balanceada, que preconiza a ingestão de uma combinação apropriada de alimentos que forneçam um mínimo do requerimento de nutrientes e outros componentes necessários para o crescimento, desenvolvimento e manutenção do corpo.

A Ciência da nutrição evoluiu da simples prevenção de deficiências nutricionais para uma condição de promoção da saúde global objetivando a redução dos riscos de doenças. A partir da pesquisa de hábitos alimentares de populações dos países mediterrâneos e asiáticos em relação à aqueles dos países do norte da Europa e América, verificou-se menor incidência de câncer e doenças cardiovasculares pela ingestão de uma dieta composta por peixes, soja, azeite de oliva, vinho tinto, tomate entre outros. Concluiu-se que esse efeito era devido à presença de determinados nutrientes e à existência de substâncias fitoquímicas na dieta.

A partir da década de 1980, ocorreu no Japão um crescente interesse por alimentos que além de satisfazerem as necessidades nutricionais e sensoriais, também demonstravam benefícios fisiológicos (alimentos funcionais). O Japão foi o primeiro lugar onde o termo “alimento funcional” surgiu. Após um trabalho conjunto de nove anos, envolvendo universidades, governo e associações

industriais, esta categoria de alimentos foi regulamentada em julho de 1991 e recebeu o nome de “Foods for Specific Health Use” (FOSHU) (CÂNDIDO e CAMPOS, 1996).

Nos Estados Unidos da América, o alimento funcional foi definido como: alimento, ambos natural ou formulado, que ressaltará a performance fisiológica, prevenção ou tratamento de doenças. O Institute of Medicine’s Food and Nutrition Board definiu alimento funcional como “algum alimento que poderá prover um benefício saudável além dos nutrientes tradicionais que contem” (WILDMAN, 2000).

No Brasil, através da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA do Ministério da Saúde, de acordo com a Resolução nº 18 de 30/04/1999, os alimentos funcionais são definidos, *ipsis litteris*, como “alimento ou ingrediente que alegar propriedades funcionais ou de saúde e pode, além de funções nutricionais básicas, quando se tratar de nutriente, produzir efeitos metabólicos e/ ou fisiológicos à saúde, devendo ser seguro para o consumo sem supervisão médica”.

A American Dietetic Association afirma que o desenvolvimento de produtos de alimentos funcionais continuará a aumentar durante todo o século XXI, enquanto a demanda do consumidor para produtos saudáveis cresce. Os fatores que contribuem para que ocorra um aumento no desenvolvimento destes produtos, incluem:

- aumento da população idosa;
- custos aumentados no setor da saúde;
- eficácia, autonomia no cuidado de saúde, a consciência e o desejo de favorecer a própria saúde;
- evidência científica comprovando que a dieta pode alterar a prevalência da doença e sua progressão;
- mudanças na legislação dos alimentos (HASLER, 2004).

A dieta desempenha um papel de grande importância em quatro das principais doenças que afetam a população mundial – as doenças

cardiovasculares, câncer, hipertensão arterial e obesidade. O desenvolvimento de produtos que conferem benefícios à saúde da população é uma tendência recente, como também o reconhecimento do papel que a presença destes produtos na dieta representa no tocante à prevenção e tratamento de doenças.

Certos alimentos podem ser particularmente benéficos em alterar os processos fisiológicos específicos que melhoram a qualidade de vida ou reduzem o risco de adquirir uma doença. A capacidade desses alimentos de interferir nos processos vai depender da sua interação com os demais componentes da dieta total e também está sujeita ao estado fisiológico, código genético e padrão de comportamento do indivíduo (MILNER, 1999).

Um enorme conjunto de evidências apóia a observação de que os alimentos funcionais contendo componentes biologicamente ativos, provenientes de fontes animais e vegetais, podem contribuir para uma melhora na saúde. Entretanto, os níveis ótimos da maioria dos componentes biologicamente ativos são objeto constante de investigação e pesquisas para ainda serem determinados (SCHAFER e NELSON, 2000).

1.1.2 Aspectos de legislação e segurança dos alimentos funcionais

A princípio, os produtos alimentares são desenvolvidos para o sabor, aparência, custo e conveniência para o consumidor. Com o surgimento e pesquisas relacionadas com os alimentos funcionais, foi necessário que houvesse legislações específicas para a regulamentação e comercialização destes alimentos.

Para os alimentos funcionais obterem a alegação saudável, o que significa estar declarado que relativo nutriente, ou séries de nutrientes, ou componente do alimento ou produto alimentar possam ajudar na prevenção ou tratamento de doenças, tem levado o governo de diversos países a estabelecerem regulamentos através de leis.

Em 2003, o Food and Drug Administration – FDA instituiu um sistema por categorias científicas para qualificar as alegações de saúde, de acordo com es

evidências científicas. O mais alto grau de uma evidência científica situa-se no nível A. As alegações de saúde que não alcançam um nível significante de concordâncias científicas se situam no nível B, C ou D, com sua linguagem apropriada (Tabela 1).

Tabela 1: Categorias científicas e linguagem proposta para qualificar as alegações de saúde.

Categoria científica	Nível de evidência científico	Categoria do FDA	Linguagem proposta
Primeiro	Alto	A	Categoria A de alegação são não qualificadas alegações apoiadas pelas evidências que o atual padrão encontrado de acordo com significados científicos.
Segundo	Moderado	B	"... embora existem evidências científicas apoiando esta alegação, a evidência não é conclusiva".
Terceiro	Baixo	C	"Várias evidências científicas sugerem... todavia, FDA tem determinado que esta evidência esta limitada e não conclusiva".
Quarto	Muito baixo	D	Muito limitada e pesquisas científicas preliminares sugerem... FDA conclui que existe uma pequena evidência científica apoiando esta alegação."

Fonte: HASLER, 2000.

O Brasil apresenta uma legislação específica sobre alimentos funcionais: a portaria nº 16 (Regulamento Técnico de Procedimentos para Registro de Alimentos e ou Novos Ingredientes), a portaria nº 17 (Regulamento Técnico que Estabelece as Diretrizes Básicas para Avaliação de Risco e Segurança dos Alimentos), a portaria nº 18 (Diretrizes básicas para análise e comprovação de propriedades funcionais e ou de saúde alegadas em rotulagem nutricional) e a portaria nº 19 (Regulamento de procedimentos para registro de alimentos com alegação de propriedades funcionais ou de saúde em sua rotulagem), do ano de 1999, da Agência de Vigilância Sanitária – ANVISA, que estabelece questões que ajudam a sustentar ou não as alegações de propriedades funcionais dos alimentos

e quais os critérios para a demonstração das mesmas. A definição das portarias, em especial a Resolução nº 18, considera que a alegação de propriedade funcional é aquela relativa ao papel metabólico ou fisiológico que o nutriente tem no crescimento, desenvolvimento e manutenção e outras funções normais do organismo humano. A alegação de propriedade saúde é aquela que afirma, sugere ou implica a existência de relação entre o alimento ou ingrediente com doença ou condição relacionada à saúde.

A Resolução nº 18, de 30 de abril de 1999 da ANVISA, estabelece que a comprovação da alegação de propriedades funcionais e ou de saúde de alimentos e ou de ingredientes, deve ser conduzida com base em: consumo previsto ou recomendado pelo fabricante; finalidade, condições de uso e valor nutricional, quando for o caso; e evidência(s) científica(s). Dessa maneira permite ao consumidor verificar a sua validade, evita o consumo de produtos que alegam propriedades que não possuem (alimentos maquiados) e auxilia no desenvolvimento da indústria alimentícia. Estas resoluções se baseiam nos projetos de orientações propostos pelo CODEX Alimentarius (ASWELL, 2002).

Segundo a American Dietetic Association-ADA, a inclusão de alimentos funcionais na dieta, não é garantia de que esta população será mais saudável. Embora existam evidências científicas que os alimentos funcionais ou componentes dos alimentos tenham um papel decisivo na prevenção e promoção da saúde, a segurança destes alimentos também deverá ser considerada (HASLER, 2004).

A segurança alimentar envolve esclarecer todos os aspectos sobre alimentos funcionais, incluindo a possibilidade de promoção dos alimentos funcionais iludirem as pessoas, fazendo-as acreditar que essas ingestões são mais importantes do que o consumo de uma dieta balanceada ou de empreenderem outros caminhos para a prevenção ou tratamento de doenças. Os apelos exagerados de vários desses alimentos funcionais e os regulamentos frágeis podem contribuir para a confusão do consumidor.

Nos últimos anos, o consumo de produtos contendo substitutos de gordura e de açúcares, frutas e verduras, e o uso de complementos nutricionais,

cresceu tanto internacionalmente quanto no Brasil. Existe um espaço de mercado considerável que é preenchido pelos alimentos funcionais e a indústria brasileira também deveria investir mais em pesquisa e desenvolvimento e colocar à disposição do consumidor produtos cujo potencial protetor de saúde fosse efetivamente consolidado através de pesquisa séria e competente (CÂNDIDO e CAMPOS, 1996).

Os alimentos funcionais representam apenas um aspecto da dieta, e esta se enquadra no estilo de vida de cada um que se insere na boa saúde, englobando exercícios regulares, evitar o tabagismo, manutenção de um peso corporal saudável e redução do estresse. Os alimentos funcionais poderão fazer parte de um plano efetivo de promoção da saúde, mas não devem ser usados como medicamentos prescritos na terapia para problemas de saúde.

Vários fatores estão envolvidos em relação ao futuro dos alimentos funcionais, que dependerá de sua eficácia, segurança e qualidade, assim como dos benefícios comprovados por pesquisas científicas e comunicadas aos consumidores.

1.3. Amaranto

O amaranto (*Amaranthus* spp) tem sido consumido ao longo dos tempos, desde as civilizações Inca, Maia e Asteca, que o utilizavam na alimentação básica. O interesse maior pelo amaranto surgiu na década de 80, quando a Academia Nacional de Ciências dos Estados Unidos liderou pesquisas com o grão, comprovando o seu alto valor nutritivo e potencial agronômico (MONTEROS *et al*., 1998).

O amaranto apresenta na sua composição química alto teor de fibras solúveis (4,2 g/100g; EARLY e EARLY, 1987), concentração de proteína relatada entre 12,5 e 17,6% (TEUTONICO E KNORR, 1985), ou entre 16,09 e 18,19% (BECKER *et al.* , 1981), com a metionina estando em torno de 122 e 130 mg/g N total, e a lisina, entre 310 e 332 mg/g de N total. As elevadas concentrações de lisina e metionina atestam positivamente em favor da alta qualidade nutricional do

grão, especialmente em relação outros grãos onde estes aminoácidos apresentam-se em níveis limitantes (TEUTONICO e KNORR, 1985; BRESSANI, 1989). Em relação a fibras, o grão de amaranto é considerado como uma boa fonte de fibras insolúveis, compostas por celulose e lignina, com teores superiores aos encontrados em cereais, na quantidade de 8,27 g/100 g (SAUDERS e BECKER, 1984; BIANCHINI e BELÉIA, 2010). Marcílio *et al.* (2003), no Brasil, e Escudero *et al*. (2004), na Argentina, relataram a quantidade de 4.2% de fibras solúveis do total de fibra dietética na variedade *A. cruentus*.

No amaranto, o teor de lipídios mostra larga faixa de variação, entre 1,9 e 9,7%, dependendo da espécie e genótipo. Os ácidos graxos: palmítico (19%), oléico (26%) e linoléico (47%) apresentam-se em maiores quantidades, e encontra-se também o ácido graxo essencial linolênico na quantidade de 1,4% dos ácidos graxos totais (BERGER *et al.,* 2003). No óleo de amaranto encontra-se um alto teor do hidrocarboneto insaturado esqualeno, variando de 2,4 a 8,0% (BRUNI *et al.*, 2001; LEON-CAMACHO *et al*., 2001), considerado como tendo um efeito benéfico na redução do colesterol sérico (MIETTINEM e VANHANEN, 1994).

O amaranto também tem recebido destaque pela sua qualidade de possuir quantidades elevadas das vitaminas riboflavina, niacina e ácido ascórbico, e dos minerais, cálcio e magnésio (SINGHAL e KULKARNI ,1988).

O grão é processado de diferentes formas para consumo, mas a forma mais preferida é a do grão expandido. Outros processos incluem cocção em água, extrusão, tostado, como flocos (BRESANI *et al*., 1993) e incorporado a massas e biscoitos (BRENNER e WILLIANS, 1995). No México, a variedade *A. cruentus* é utilizada na confecção de bolachas chamadas “alegria”, sendo o amaranto empregado na forma de pipoca (IRVING *et al.*, 1981). Durante os últimos anos, tem se pesquisado a utilização do amaranto em estudos clínicos, e o efeito foi avaliado quanto às suas propriedades na redução do colesterol, como antioxidante, anticancerígeno, anti-alérgico, anti-hipertensivo, e como alimento para portadores da doença celíaca.

Apesar do amaranto ter sido caracterizado quimicamente e apresentar componentes relacionados à atividades bioquímicas com potencial fisiológico,

pouco se conhece sobre seu potencial funcional. Alguns estudos existentes relacionam o amaranto e estabelecem a sua relevância na possível modulação do metabolismo e na inibição ou retardamento de processos patológicos, tanto *in vitro*, quanto em animais de experimentação ou em humanos.

1.3.1 Atividade Hipocolesterolemiante

A atividade proposta do amaranto e seus subprodutos serem capazes de modular os níveis de colesterol sérico, tem sido justificada invocando várias hipóteses, como o perfil de aminoácidos de sua proteína (BERGER *et al.,* 2003,), a quantidade de fibras totais e solúveis (GRAJETA, 1997; PLATE e ARÊAS, 2002; MENDONÇA *et al.*, 2009), o teor de ácidos graxos insaturados (CHATUVERDI *et al*., 1993; CHAVEZ-JAUREGUI *et al*., 2000), a presença de fitoquímicos, como tocotrienóis (LEHMANN, 1996; QURESHI *et al.*, 1996), fitoesteróis (BERGER *et al.,* 2003; MARTIROSYAN *et al.,*2007), tocoferóis e esqualeno (DANZ e LUPTON, 1992; LEHMANN, 1996; QURESHI *et al.*, 1996; SHIN *et al.*, 2004; *GONOR et al.,* 2006; KULAKOVA *et al.,* 2006; MARTIROSYAN *et al.,* 2007). Entretanto, ainda não foi elucidado qual o componente, ou conjunto de substâncias no amaranto que exerce o efeito chave na diminuição dos níveis séricos do colesterol.

Existem ainda muitas dúvidas quanto à forma ou mecanismos pelos quais o amaranto produz a sua ação hipocolesterolemiante. Por exemplo, as pesquisas que sugerem a redução dos níveis do colesterol sérico pelo amaranto, como sendo o resultado da ação do esqualeno não conseguem explicar o mecanismo pelo qual este triterpenóide possa agir na inibição. O esqualeno, servindo de substrato para a enzima HMG-CoA (3-hidroxi-3-metilglutaril Co-A) redutase devia promover a biossíntese de colesterol no fígado (DANZ e LUPTON, 1992). Entretanto, Sawada *et al.* (2002) sugerem que a via sintética do colesterol seja bastante complexa, podendo os inibidores causarem tanto a hipo, como a hipercolesterolemia.

Estudo conduzido por Chatuverdi *et al*., em 1993, utilizando o modelo

animal (rato), já demonstrava que uma dieta de amaranto era capaz de reduzir em 50% o colesterol total, em comparação à dieta controle, com caseína. Esses autores consideraram que o teor de ácidos graxos insaturados do amaranto promovera o efeito observado.

Qureshi *et al.* (1996), entretanto, pesquisaram a influência da suplementação de uma dieta contendo amaranto sobre a biossíntese de colesterol em galinhas durante seis semanas. O colesterol total e LDL-c diminuíram significativamente nos grupos alimentados com amaranto sem, no entanto, haver alterações nas concentrações de HDL-c. A atividade da enzima colesterol-7alfa-hidroxilase apresentou-se de 10 a 18% mais elevada no grupo experimental, em relação ao grupo controle, enquanto que a atividade no fígado da HMG-CoA redutase apresentou-se 9% menor. A pesquisa sugere que a inibição da HMG-CoA redutase, a qual resulta em menores níveis de colesterol, tenha sido devida à presença de alguns outros potentes inibidores da síntese do colesterol, que não os tocotrienóis e o esqualeno do amaranto.

Já Lehmann (1996) afirmava que a diminuição do colesterol estaria associada a algum componente solúvel na fração lipídica do amaranto, sugerindo os tocotrienóis e o hidrocarboneto esqualeno como responsáveis.

Por sua vez, Grajeta (1997), em estudo com ratos alimentados com farinhas de amaranto, integral e desengordurado, também observou a redução significativa nas concentrações de colesterol sanguíneo e hepático, atribuindo o efeito hipocolesterolemiante à fração solúvel das fibras dietéticas presentes nas farinhas.

Grajeta (1999), mediante complexo desenho experimental, verificou o efeito do amaranto e do farelo de aveia no sangue e fígado de 60 ratos Búfalo machos, os quais foram alimentados por 28 dias, com duas dietas controle (uma com banha, e outra com óleo de girassol), contendo 15% de gordura, 20% de proteína e 0,5% de colesterol, contra dietas experimentais nas quais parte da caseína era substituída por amaranto ou farelo de aveia, e contendo de 4 a 4,5% de fibras. Os resultados mostraram que o amaranto e o farelo de aveia foram responsáveis pela diminuição significativa dos níveis de colesterol total no sangue

e no fígado dos ratos, sendo que o farelo de aveia proporcionou uma diminuição maior em relação ao amaranto. Os dois produtos de intervenção não mostraram efeito nos níveis de HDL-c sanguíneo. No fígado ocorreu a diminuição de triacilgliceróis sob a influência do amaranto na extensão de 10% (dieta com banha) e 15% (dieta com óleo de girassol), enquanto que sob a influência do farelo de aveia, a extensão foi de 15 % (dieta com banha) e 20% (dieta com óleo de girassol).

Plate e Arêas (2002) demonstraram que coelhos hipercolesterolêmicos alimentados com amaranto extrusado obtido da farinha desengordurada de amaranto foi capaz de reduzir em 50% o LDL-c e o colesterol total, enquanto que o óleo de amaranto, também testado por estes pesquisadores, não foi tão eficiente quanto o extrusado.

Em pesquisa realizada com hamsters por Berger *et al*. (2003), foi relatado que uma dieta contendo 20% de grãos de *Amaranthus cruentus* e perfazendo 5% de óleo de amaranto, causou diminuição do colesterol não-HDL. Nesse estudo foi considerado que os fitoesteróis e a proteína do amaranto possuíam algum efeito hipocolesterolemiante, eliminando a possibilidade de que a composição de ácidos graxos, tocoferois e tocotrienóis, seriam responsáveis pelo efeito hipocolesterolemiante.

Em outra pesquisa (CZERWINSKI *et al.*, 2004), realizada em ratos alimentados com uma dieta contendo colesterol, comparou-se o efeito da ingestão de aveia e amaranto, visando determinar se o amaranto poderia ser utilizado como substituto por indivíduos alérgicos para melhorar os níveis de lipídios sanguíneos. Embora a aveia, tanto quanto o amaranto, apresentaram efeito positivo, os autores sugerem que o amaranto possui a vantagem adicional de poder ser utilizado como substituto de cereais por pacientes hipercolesterolêmicos, que sejam sensíveis aos cereais clássicos, por ser isento de alergenos conhecidos.

Escudero *et al*. (2006) pesquisaram o efeito do concentrado protéico de *Amaranthus cruentus* (Ac) sobre a quantidade de lipídios no sangue e no fígado de ratos Wistar. Não foram observadas diferenças significantes no colesterol sérico total, mas, houve uma diminuição dos níveis de LDL-c e um aumento nos

níveis de HDL-c, enquanto os níveis de triacilgliceróis do grupo experimental apresentou-se menor, quando comparado com o grupo controle. Houve também um aumento da quantidade de glutationa e glutationa redutase no grupo experimental. No fígado, houve diminuição do colesterol total e de triacilgliceróis no grupo experimental, assim como a excreção fecal de lipídios totais nas fezes apresentou-se aumentada. Os resultados demonstraram que a proteína concentrada de amaranto tem um efeito hipotriacilglicerolemiante, afetando o metabolismo de lipídios no fígado e aumentando os indicadores da proteção antioxidante em ratos Wistar.

Shin *et al.* (2004) observaram o efeito do grão de amaranto, do seu óleo e do esqualeno. Num experimento, ratos foram alimentados com uma dieta semi-purificada contendo 1% de colesterol por quatro semanas e grão de amaranto ou óleo de amaranto, que foram substituídos nos grupos experimentais. Tanto o grão de amaranto quanto o óleo de amaranto, diminuíram os níveis de colesterol total sanguíneo e hepático e os níveis de triacilglicerol. A excreção fecal de colesterol e ácido biliar estiveram aumentadas no grupo do óleo de amaranto, mas somente houve aumento na excreção e ácido biliar no grupo do grão de amaranto. Noutro experimento, os ratos foram alimentados com uma dieta de colesterol e com sal (controle), esqualeno de amaranto ou esqualeno de tubarão, por 7 dias. O esqualeno de amaranto demonstrou um efeito hipolipemiante no sangue e fígado dos ratos, e aumentou a excreção fecal de colesterol e ácido biliar, inibindo também a atividade da enzima HMG-CoA redutase. Em contrapartida, não foram observados os mesmos efeitos no grupo esqualeno de tubarão. Os pesquisadores concluíram que o efeito hipolipemiante do esqualeno de amaranto pode aumentar a eliminação fecal dos esteróides e interferir na absorção do colesterol, e que diferentes fontes de esqualeno (vegetal versus animal) pode afetar o metabolismo de colesterol de modos diferentes.

Com relação ao efeito hipolipemiante do esqualeno no amaranto, Gonor *et al*. (2006) pesquisaram a influência de uma dieta contendo óleo de amaranto sobre o perfil lipidêmico e o perfil de ácidos graxos eritrócitários. As dietas forneciam quantidades de esqualeno, de 100, 200, 400 e 600 mg por dia, sendo

que a dieta contendo 600 mg apresentou mudanças positivas significativas nos níveis de colesterol e triacilgliceróis, assim como na composição de ácidos graxos das membranas dos eritrócitos de pacientes com isquemia cardíaca.

Kim *et al.* (2006a) e Kim *et al*. (2006b) investigaram o efeito da suplementação do óleo e grão de amaranto (*Amaranthus esculentus* L.) sobre a glicose sanguínea e perfil lipidêmico em ratos com diabetes induzida por estreptozotocina, os quais foram divididos em 4 grupos: controle normal, controle diabético, grupo diabético suplementado com grão de amaranto e outro grupo diabético suplementado com óleo de amaranto durante 3 semanas. Os resultados mostraram diminuição da glicose sanguínea, aumento dos níveis de insulina sérica, e diminuição das enzimas AST (aspartato aminotransferase) e ALT (alanina aminotransferase), marcadoras de lesão celular. Em adição, houve redução nos níveis de TBARS (substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico – índice de peroxidação lipídica e estresse oxidativo) no citosol hepático. As excreções fecais de colesterol, triacilgliceróis e ácidos biliares dos animais diabéticos que consumiram o grão e o óleo de amaranto, apresentaram-se sensivelmente aumentadas.

Kulakova *et al*. (2006) utilizaram ratos para verificar o efeito hipocolesterolemiante do óleo de amaranto. Esses autores confirmaram haver diminuição dos níveis de colesterol sanguíneo, porém sem se registrar aumento do colesterol hepático. Foi observado aumento de esteróis na composição do fígado dos ratos, o que ocorreu provavelmente devido à presença de esqualeno no óleo de amaranto.

Martirosyan *et al.* (2007) mostraram que o óleo de amaranto pode reduzir a quantidade de colesterol no sangue, ajudando na redução da pressão arterial. Sua ação benéfica foi máxima quando se utilizou a dosagem de 18 mL de óleo de amaranto por dia. O hidrocarboneto esqualeno e os fitoesteróis podem estar envolvidos neste mecanismo.

Por outro lado, Mendonça *et al.* (2009) comprovaram que um isolado protéico de amaranto é também capaz de reduzir o colesterol total e LDL-c em hamsters, embora o mecanismo envolvido não tenha sido tratado pelos autores. A

relação dos aminoácidos lisina/arginina explica parcialmente o mecanismo e somente a proteína íntegra tem efeito sobre a excreção do colesterol nas fezes.

Enquanto a maioria das pesquisas tem sido realizadas com animais ou dietas hipercolesterolêmicas, Cazarin *et al.* (2011) relataram que ratos Wistar normolipidêmicos, alimentados com dietas normolipêmicas por tempo prolongado e substituindo apenas 35% da proteína da dieta padrão (AIN 93-G) respondem com uma diminuição do colesterol LDL, sem ultrapassar os limites normais e sem afetar adversamente o nível do colesterol HDL. Os autores concluem que o consumo moderado e por tempo prolongado, em substituição da proteína padrão pode ter propriedade profilática na hipocolesterolemia.

1.3.2 Influência no Sistema Imune

O sistema imune protege o organismo de substâncias estranhas, microrganismos e macromoléculas como proteínas e polissacarídeos, sem que tais reações não impliquem em conseqüências patológicas (ABBAS *et al.*, 2005).

A resposta imune específica pode ser humoral ou celular, dependendo dos componentes do sistema mediador da resposta. A resposta imune humoral é mediada por linfócitos B que, ativados, diferenciam-se em plasmócitos capazes de produzir anticorpos. A resposta humoral constitui-se no principal mecanismo de defesa contra micróbios extracelulares e suas toxinas, aos quais os anticorpos se ligam, promovendo sua destruição (ROITT, 1999; STITES *et al*., 2000).

Na resposta imune celular ocorre a mediação por linfócitos T. Há duas classes principais de linfócitos T: as citotóxicas, que matam as células infectadas por vírus, por exemplo, e as células T auxiliares, com função ativadora sobre outras células, como os linfócitos B e os macrófagos (ROITT, 1999; STITES *et al.*, 2000).

Gonor *et al*. (2006) investigaram a influência de uma dieta contendo óleo de amaranto sobre a atividade antioxidante e o estado imune de 125 pacientes (idade entre 33 e 74 anos), com isquemia miocárdica e hiperlipoproteinemia, durante três meses. Utilizaram-se diferentes quantidades de

esqualeno na dieta (100, 200, 400, 600 mg por dia) e as respostas dos grupos foram comparadas. A dieta com a quantidade de 600 mg de esqualeno proporcionou um efeito positivo no estado imune, enquanto a dieta contendo de 200 a 400 mg promoveram efeito antioxidante.

1.3.3 Efeito anti-tumoral

A dieta pode ser considerada um fator de risco para várias doenças crônicas, incluindo câncer. Estima-se que em um período de 10 a 30 anos, células normais podem-se transformar em tumores clinicamente detectáveis e sobre os quais a dieta pode exercer efeito promotor ou inibidor no desenvolvimento da doença (BENNINK, 1998).

Barrio e Añon (2010) pesquisaram as propriedades anti-tumorais da proteína isolada do *Amaranthus mantegazzianus*, MPI, e elucidaram o possível mecanismo de ação. A pesquisa foi realizada com quatro células tumorais diferentes: MC3T3E1, UMR106, Caco-2, e TC7. A MPI mostrou um efeito antiproliferativo sobre as quatro células com diferentes potenciais. Foi observado que a MPI age por um mecanismo que inibe a adesão celular e induz apoptose e necrose na célula maligna UMR 106. A conclusão foi que os grãos de *Amaranthus mantegazzianus* apresentam um potencial anti-tumoral.

Yu *et al*. (2001) investigaram os efeitos proliferativos de duas dietas com lectinas capazes de ligar um fator tumoral (TF-binding lectin): a jacalina (*Artocarpus integrifolia*, JAC) e a lectina do amaranto (*Amaranthus caudatus*, ACA). O aumento na expressão do antígeno Thomsen-Friedenreich (TF-antigen, Gal-beta1-3GalNAc-alfa) é uma característica comum de malignidade e pre-malignidade epitelial. Os resultados mostraram que a dieta TF-binding pode ser um marcador da proliferação de células epiteliais gastro-intestinais malignas e pode desempenhar um papel no diagnóstico do câncer intestinal.

1.3.4 Ação na Glicemia

Os alimentos que apresentam alto índice glicêmico (IG) promovem

hiperglicemia e hiperinsulinemia. Uma dieta com alto IG apresenta menor poder de saciedade, resultando em excessiva ingestão alimentar, favorecendo o aumento do peso corporal, assim como a alteração do perfil lipídico e a secreção insulínica, favorecendo o aparecimento de doenças cardiovasculares e de diabetes mellitus (JENKIS *et al.*, 2002). O consumo de alimentos de alto IG pode levar a uma seqüência de ações hormonais, que limita a disponibilidade de combustível metabólico no período pós-prandial, levando à fome e à ingestão alimentar excessiva. A ingestão de alimentos de baixo IG pode diminuir a secreção de hormônios contra-regulatórios proteolíticos como o cortisol, hormônio do crescimento e glucagon, estimulando a síntese protéica (LUDWIG *et al*., 1999).

Chaturvedi *et al*. (1997) pesquisaram o efeito de preparações com grãos de amaranto, trigo e arroz, no índice glicêmico de pacientes diabéticos não insulino-dependentes. Foi utilizada a variedade *Amaranthus esculentum L*., na forma de "popcorn" (estourado), em diferentes proporções com farinha de trigo, apresentado como um tipo de pão não levedado (chapatis). Na combinação amaranto-trigo foram observados os índices glicêmicos de 91,7 na proporção de 50:50; 105,7 na proporção de 25:75. Para a combinação de amaranto estourado com leite não adoçado, foi observado o índice glicêmico de 136,2. Concluíram que devido à digestibilidade elevada do amido, a ingestão de grãos de amaranto isoladamente não é recomendada a pacientes diabéticos.

Guerra-Matias e Arêas (2005) investigaram a digestibilidade do amido de um produto extrusado de amaranto em 11 mulheres, comparando o com pão branco, e observaram que o amaranto proporcionou às mulheres um valor de IG de 107 e uma curva insulinêmica capaz de estimular a produção de insulina. Os autores concluíram que o amaranto extrusado causa uma alta resposta glicêmica e insulinêmica. Todavia, recomendou-se que pacientes com doença celíaca deviam planejar as suas dietas, visando o controle adequado da glicemia.

Capriles *et al.* (2008) compararam in vitro a digestibilidade do amido de sementes de amaranto e do pão branco. Sementes cruas resultaram em teor de amido rapidamente digerível na proporção de 37% e índice glicêmico de 87,2. As formas de preparação cozida, extrusados e pipocas obtiveram digestibilidade

semelhante ao pão branco (92,4; 91,2; e 101,3, respectivamente), e as sementes em flocos e torradas apresentaram um índice glicêmico maior (106 e 105,8). O cozimento e a extrusão não alteram a digestibilidade do conteúdo das sementes. Não foram observadas diferenças na digestibilidade da pipoca, flocos e amaranto torrado. Os autores concluíram que o amaranto é um alimento de alto índice glicêmico, mais provavelmente devido ao pequeno tamanho de grânulos de amido, baixo teor de amido resistente (<1%), e tendência a perder completamente a sua estrutura cristalina e granular do amido durante esses tratamentos térmicos.

1.3.5 Efeito na Hipertensão

O sistema renina-angiotensina é um dos sistemas bioquímicos de controle da pressão sanguínea, que se inicia com o angiotensinogênio, que é substrato da renina, sintetizada e armazenada nas células justaglomerulares do rim. A renina atua sobre o angiotensinogênio, em reposta a uma queda na pressão sanguínea, depleção de sódio ou uma redução no volume plasmático, liberando a partir de sua porção N-terminal, um peptídeo de 10 aminoácidos, a angiotensina I (ONDETTI e CUSHMAN, 1982). Após a formação da angiotensina ocorre a clivagem de dois aminoácidos (His-Leu-) de sua extremidade carboxila, formando o octapeptídeo a angiotensina II, um potente vasoconstritor, sendo que essa reação é catalisada pela enzima conversora da angiotensina (ECA), o que ocorre quase inteiramente nos pulmões (LI *et al.* 2004).

Silva-Sanchez *et al*. (2008) investigaram a presença, caracterização e as propriedades anticarcinogênicas do peptídeo lunasina em grãos de amaranto. Concluíram estes autores que os grãos de amaranto podem ser uma fonte potencial de vários peptídeos bioativos com ações relevantes no câncer e na hipertensão.

Tiengo *et al*. (2009) avaliaram a atividade inibidora da enzima conversora de angiotensina (ECA) e a capacidade ligante de ácidos biliares (AB) da farinha desengordurada de amaranto e seus produtos *in vitro*. Os hidrolisados protéicos com alcalase antes e após a digestão *in vitro* apresentaram as maiores

atividades inibidoras, sugerindo que a alcalase libera peptídeos que não são afetados pelas enzimas gastrintestinais.

Tovar-Perez *et al*. (2009) pesquisaram obtenção de frações de peptídeos inibidoras da enzima conversora de angiotensina (ECA) originados da albumina 1 e da globulina de grãos do amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*) por hidrólise com alcalase. Após hidrólise realizada por 15 horas para a albumina 1, a atividade inibidora da ECA foi de 40% e após 18 horas de hidrólise para globulina, a atividade inibidora da ECA foi de 35%.

Vecchi e Añon (2009) verificaram experimentalmente nos grãos de amaranto (*Amaranthus hipocondriacus*) evidências para a presença de peptídeos anti-hipertensivos na globulina 11S, um dos mais importantes constituintes do grão. Foi construído um modelo em três dimensões da globulina 11S, e os peptídeos anti-hipertensivos mapeados por método computacional (database driven). A ocorrência de dois tetrapeptídeos, ALEP e VIKP, foi constatada experimentalmente mediante a avaliação *in vitro* da inibição da ECA, com valores de 6,32 mM e 175 IM, respectivamente.

1.3.6 Efeito Anti-anêmico

As causas da anemia podem decorrer de situações variadas, como infecções crônicas, problemas hereditários sanguíneos, carência de um ou mais nutrientes essenciais necessários na formação da hemoglobina, como ferro, acido fólico, vitaminas B12, B6, C e proteínas. A deficiência de ferro é a mais comum entre as anemias encontradas (QUEIROZ e TORRES, 2000), e tem sido sugerido que o grão de amaranto pode ser usado como carreador em programas de intervenção para combater a deficiência.

Whittaker e Ologunde (1990) avaliaram a disponibilidade biológica de ferro em um cereal de grãos de amaranto em ratos machos Sprague-Dawley desmamados e induzidos à anemia. O cereal de amaranto foi fortificado com 3 compostos fontes de ferro: EDTA-quelato de ferro e sódio (NaFeEDTA), fumarato ferroso (FeC4H204) e sulfato ferroso (FeSO4 7H2O) que foram comparados com

o cereal de grãos de amaranto sem fortificação de ferro. Foram verificados o peso corporal, a concentração de hemoglobina, a porcentagem de hematócrito, e o relativo valor biológico (RVB). O ganho de peso corporal normal e alto RVB mostrou uma boa absorção do cereal de grãos de amaranto sem fortificação, porém os grupos de animais que receberam cereal com fortificação de ferro apresentaram um aumento significante na hemoglobina e no ganho de hemoglobina quando comparados ao grupo alimentados com o cereal sem fortificação.

Ologunde *et al.* (1991) verificaram a disponibilidade biológica de grãos de amaranto fortificados comparados com grãos de amaranto não fortificados e utilizado a caseína com sulfato ferroso como grupo controle. Os compostos utilizados foram EDTA de ferro e sódio (NaFeEDTA), fumarato ferroso ($FeC_4H_2O_4$) e sulfato ferroso ($FeSO_4$). Foram utilizados ratos machos Sprague-Dawley desmamados. Foram avaliados a ingestão de ferro, o aumento de hemoglobina, a disponibilidade e a capacidade de ligação do ferro, o ferro sérico e o ferro não-heme no fígado e o RVB. Os RVB foram 0.40, 1.55, 1.75, 1.67 e 1.00, para animais que receberam EDTA de ferro e sódio (NaFeEDTA), fumarato ferroso ($FeC_4H_2O_4$) e sulfato ferroso ($FeSO_4$) e caseína com sulfato ferroso, respectivamente. O RVB do cereal não fortificado foi de 40%, sugerindo que o amaranto sem fortificação teve uma baixa contribuição. Os autores concluem que o amaranto é um cereal ideal para ser utilizado na fortificação de ferro, e que o composto mais apropriado é o fumarato ferroso.

Ologunde *et al*. (1994) reavaliaram a disponibilidade biológica de ferro em uma farinha de amaranto fortificada e não fortificada com ferro e utilizada uma dieta controle de caseína fortificada com sulfato ferroso. A farinha de grãos de amaranto foram fortificadas com EDTA de ferro e sódio (NaFeEDTA), fumarato ferroso ($FeC_4H_2O_4$) e sulfato ferroso ($FeSO_4$). Foram utilizados ratos machos Sprague-Dawley desmamados. Foram verificados a ingestão de ferro, o ganho de ferro na hemoglobina, a disponibilidade de ferro, a capacidade de ligação do ferro total, o ferro sérico, o ferro não-heme no fígado, o volume de células vermelhas e o RVB. Os resultados apresentados foram similares ao estudo anterior realizado

por Ologunde *et al*. (1991).

1.3.7 Atividade Antioxidante e Antidiabética

O estresse oxidativo possui um papel nas complicações do diabetes que sugere que a produção de oxidantes aumenta em função do metabolismo da glicose ou do metabolismo de ácidos graxos livres por múltiplas vias. O estresse oxidativo pode acelerar o processo patogênico básico (KUROKI *et al*., 2003; VENUGOPAL *et al*., 2002).

Klimczak *et al.* (2002) avaliaram a atividade antioxidante de duas espécies de grãos de amaranto, *Amaranthus caudatus* e *Amaranthus paniculatus,* em um sistema modelo de ß-caroteno/ ácido linoleico. O conteúdo de compostos fenólicos foi estimado pelo método de Folin-Ciocalteu, constatando-se que o *Amaranthus caudatus* possui 39,17 mg/100 g e o *Amaranthus Paniculatus,* 56,22 mg/100 g.

Conforti *et al*. (2005) analisaram as propriedades biológicas, antioxidante e antidiabética, a quantidade de óleo, esqualeno e compostos fenólicos de duas variedades de grãos de *Amaranthus caudatus* (Oscar blanco and Victor red). A atividade antioxidante foi verificada utilizando a peroxidação lipídica e a atividade antidiabética foi verificada através da inibição da enzima α-amilase, que atua na digestão de amido e reduz a absorção de glicose. As variedades apresentaram quantidades diferentes de esqualeno, mas a atividade antioxidante não apresentou diferenças estatísticas significantes. Entretanto, foi verificada a atividade antidiabética por extrato metanólico de ambas as variedades, que apresentou 50,5% para *A. caudatus* var. Oscar blanco e 28% para *A. caudatus* var. Victor red na concentração de 25 mg/ml.

Pasko *et al.* (2009) investigaram a capacidade antioxidante, a quantidade de compostos fenólicos e o conteúdo de antocianinas de grãos e brotos de *Amaranthus cruentus* e *Chenopodium quinoa*. Os resultados obtidos mostraram uma quantidade relativamente alta de atividade antioxidante. Tanto os grãos de amaranto quanto os grãos de quinoa podem ser utilizados na

alimentação, pois são boas fontes de antocianinas e compostos fenólicos.

Pasko *et al.* (2011) avaliaram o efeito de grãos de amaranto sobre o estresse oxidativo no plasma, coração, rins e pâncreas em ratos. A administração de frutose foi realizada para a indução do estresse oxidativo que se manifestou por um aumento de malondialdeído e pela diminuição da capacidade antioxidante enzimática no plasma e tecidos selecionados. A ingestão de grãos de amaranto (310 e 155 g/kg de alimento) restaurou as atividades de varias enzimas, além de influenciar o estresse oxidativo, pela diminuição da malondialdeído e aumento da capacidade de redução do íon férrico no plasma (FRAP) e pela atividade de enzimas antioxidantes (superóxido dismutase no eritrócito– eSOD, catalase – CAT, a glutationa peroxidase – GPX). Os resultados demostram que os grãos de amaranto, em uma dose dependente, pode atuar como um agente protetor moderado contra as alterações provocadas pela indução pela frutose do estresse oxidativo em ratos, pela redução da peroxidação lipídica e pelo acréscimo da capacidade antioxidante.

1.3.8 Doença Celíaca

A doença celíaca se manifesta como uma enteropatia de sensibilidade ao glúten em indivíduos predispostos geneticamente. Caracteriza-se por uma lesão constante da mucosa intestinal provocada pela ingestão do glúten, podendo reverter para a recuperação completa da mucosa em decorrência da eliminação total do glúten da dieta (MOLHBERG *et al.*, 2000). As prolaminas do glúten (gliadina, avenina, secalina e hordeína) são associadas com a lesão à mucosa intestinal (SDEPANIAN *et al.*, 1999; VALDER *et al*., 2002). A única terapia conhecida para um paciente diagnosticado com doença celíaca consiste na retirada da dieta dos produtos que contenham glúten.

Tosi *et al.* (1996) desenvolveram *cookies* sem glúten a partir da farinha integral de amaranto, amido de milho, ovos, margarina, açúcar, bicarbonato de sódio, bitartarato de potássio e butilhidroxitolueno (BHT). O biscoito apresentou alto teor de proteínas (5,7 g/100g) e fibras alimentares (1,1 g/100g) quando

comparado a biscoitos tradicionais sem glúten disponíveis no mercado.

Thompson (2001) relata que o amaranto tem sido utilizado há algum tempo por pacientes com doença celíaca, pois não causa reações alérgicas na mucosa intestinal.

Marcílio *et al*. (2005) propuseram um processo para a elaboração de biscoito nutritivo do tipo *cookie* com farinha de amaranto, comprovadamente isenta de glúten, para celíacos. O biscoito com o menor teor de farinha de amaranto foi o preferido pelos consumidores, destacando que a análise sensorial foi realizada com consumidores sem intolerância ao glúten.

1.3.9 Ação Antialérgica

Pesquisas têm sugerido que o grão de amaranto possui condições de ser utilizado no desenvolvimento de produtos alimentícios não-alergênicos, com um potencial ainda de utilização no combate às alergias.

Hibi *et al*. (2003) encontraram que algum componente do grão de *A. hypochodriacus* é capaz de inibir a produção de IgE e aumentar a síntese de citocina Th 1, tanto *in vitro*, quanto *in vivo*, com o resultado de reprimir a cascata da alergenicidade para antígenos específicos. *In vitro*, os estudos demostraram que a fração de água solúvel do grão de amaranto promove o desenvolvimento do fenótipo das células helper T tipo 1 (Th1), enquanto o extrato de amaranto suprime a produção de IgE, conduzindo a um estado inibido da cascata da alergia. Nos estudos *in vivo*, os camundongos foram alimentados com farinha de amaranto e extrato solúvel de grão desengordurado e foi constatado o potencial não-alergênico, passível de ter aplicação em doenças alérgicas como asma e dermatite atópica.

1.4 Considerações

Embora a grande maioria das pesquisas sobre as atividades benéficas do consumo do amaranto tenham sido conduzidas particularmente usando

modelos experimentais com animais, verifica-se que existem no grão compostos com propriedades potencialmente benéficas à saúde, distribuídos em várias das frações. Tendo em conta a observação de que um dos princípios básicos na ação dos alimentos funcionais no organismo é o da funcionalidade das substâncias bioativas por vias múltiplas, o mais provável é de que os efeitos benéficos à saúde do amaranto sejam devidos à presença conjunta de todas elas, como se encontram no grão integral. Verifica-se também que as próximas fases da pesquisa devam ser dirigidas aos estudos epidemiológicos e ao aprofundamento dos mecanismos de ação, especialmente no organismo humano. É necessário antes, porém, realizar pesquisas sobre as quantidades mínimas que devem ser consumidas na dieta para produzir os efeitos esperados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBAS, A.K.; LICHTMAN A.H.; POBER, J.S. Introdução à imunologia. In: ABBAS, A.K.; LICHTMAN A.H.; POBER, J.S. **Imunologia celular e molecular**. 5ed. São Paulo: Elsevier, p. 3, 2005.

ASWELL, M. **Concepts of functional foods**. ILSI Europe Concise Monograph, 2002. Disponível em: http://www.ilsi.org/file/ILSIFuncFoods.pdf . Acesso em 15 jul. 2011.

BARRIO, D.A.; AÑÓN, M.C. Potential antitumor properties of a protein isolate obtained from the seeds of Amaranthus mantegazzianus. **European Journal of Nutrition**, v. 49, n. 2, p. 73-82, 2010.

BECKER, R.; WHEELER, E.L.; LORENS, K.; STAFFORD, A.; GROSJEAN, O.K.; BETSCHART, A.A.; SAUNDERS, R.M. A composition study of amaranth grain. J**ournal of Food Sciences**, v. 46, p. 1175-1180, 1981.

BENNINK, M.R.; OM, A.S. Inhibition of colon cancer (CC) by soy phytochemicals but not by soy protein. **Federation of American Societies for Experimental Biology Journal**, v. 12, p. 655, 1998.

BERGER, A.; GREMAUD, R.; BAUMGARTNER, M.; REIN, D.; MONNARD, I.; KRATKY, E.; GEIGER, W.; BURRI, J.; DIONISI, F.; ALLAN, M.; LAMBELET, P. Cholesterol-lowering properties of amaranth grain and oil in hamsters. **International Journal for Vitamin and Nutrition Research** , v. 73, n. 1, p. 39-47, 2003.

BIANCHINI, M.G.A.; BELÉIA, A.D.P. Umidade e congelamento de grãos de amaranto e sua capacidade de expansão térmica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n.8, p. 917-924, 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Resolução nº 16. Aprova o Regulamento Técnico de Procedimentos para Registro de Alimentos e ou Novos Ingredientes. Disponível em: < http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/16_99.htm > Acesso em : 17 jan. 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Resolução nº 16. Aprova o Regulamento Técnico que Estabelece as Diretrizes Básicas para Avaliação de Risco e Segurança dos Alimentos. Disponível em: < <http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/17_99.htm >Acesso em: 17 jan. 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Resolução nº 18 de 30 de abril de 1999. Aprova o Regulamento técnico que estabelece as diretrizes básicas para análise e comprovação de propriedades funcionais e/ou de saúde alegadas em rotulagem de alimentos. Disponível em:<

http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/18_99.htm > Acesso em: 13 jul. 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Resolução nº 19 de 30 de abril de 1999. Aprova o Regulamento de procedimentos para registro de alimentos com alegação de propriedades funcionais ou de saúde em sua rotulagem. Disponível em:< http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/19_99.htm> Acesso em: 13 jul. 2011.

BRENNER, D.; WILLIANS, J.T. Grain amaranth (*Amaranth* species). In: Willians JT, editor. **Underutilized crops: cereals and pseudo-cereals.** London: Chapman & Hall. p. 128-86, 1995.

BRESSANI, R. The proteins of grain amaranth. **Food Reviews Internationa**l, v. 5, n. 1, p. 13-38, 1989.

BRESSANI, R.; DE MARTELL, E.C.M.; DE GODINEZ, C.M. Protein quality evaluation of amaranth in adult humans. **Plants Food Human Nutrition**, v. 43, n. 2, p. 123-143, 1993.

BRUNI, R.; MEDICI, A.; GUERRINI, A.; SCALIA, S.; POLI, F.; MUZZOLI, M.; SACCHETTI G. Wild *Amaranthus caudatus* seed oil, a nutraceutical resource from Ecuadorian flora. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v. 49, n. 11, p. 5545-5560, 2001.

CAPRILES, V.D.; COELHO, K.D.; GUERRA-MATIAS, A.C.; ARÊAS, J.A.G. Effects of Processing Methods on Amaranth Starch Digestibility and Predicted Glycemic Index. **Journal of Food Sciences**, v. 73, n. 7, p. 160-164, 2008.

CAZARIN, C.B.B.; AMAYA-FARFÁN, J.; CHANG, Y.K.; DEPIERI, M.; CARNEIRO, E.M.; DE SOUZA, A.S. Amaranth grain as dietary supplement of normolipidemic rats. **Food Chemistry** (submitted). 2011.

CHATURVEDI, A.; SAROJINI, G.; DEVI, N.L. Hypocholesterolemic Effect of Amaranth Seeds (*Amaranthus Esculantus*) . **Plant Foods and Human Nutrition**, v. 44, n. 1, p. 63-70, 1993.

CHATURVEDI, A.; SAROJINI, G.; NIRMALA, G.I.; NIRMALAMMA, N.; SATYANARAYANA, D. Glycemic index of grain amaranth, wheat and rice in NIDDM subjects. **Plant Foods Human Nutrition**, v. 50, n. 2, p. 171-178, 1997.

CHAVEZ-JAUREGUI, R.N.; SILVA, M.E.M.P.; ARÊAS, J.A.G. Extrusion cooking process for amaranth. **Journal of Food Sciences**, v. 65, n. 6, p. 1009-1015, 2000.

CONFORTI, F.; GIANCARLO, A.; STATTI, A.; LOIZZO, M.R.; GIANNI, A.; SACCHETTI, B.; POLI, F.; MENICHINI, F. In Vitro Antioxidant Effect and Inhibition of a alpha-Amylase of Two Varieties of Amaranthus caudatus Seeds.

Biological Pharmaceutical Bulletin, v. 28, n. 6, p. 1098-1102, 2005.

CZERWINSKI, J.; BARTNIKOWSKA, E.; LEONTOWICZ, H.; LANGE, E.; LEONTOWICZ M.; KATRICH, E.; TRAKHTENBERG, S.; GORINSTEIN, S. Oat (*Avena sativa* L.) and amaranth *(Amaranthus hypochondriacus*) meals positively affect plasma lipid profile in rats fed cholesterol-containing diets. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 15, n. 10, p. 622–629, 2004.

DANZ, R.A.; LUPTON, J.R. Physiological-Effects of Dietary Amaranth (Amaranthus-Cruentus) on Rats. **Cereal Food World,** v. 37, n. 7, p. 489-494, 1992.

EARLY, D.; EARLY, J.C.Tranferencia de tecnología indígena para la preparación de la Kiwicha (*Amaranthus*). Primeira parte. El amaranto y su potencial. **Boletín** , v. 4, p. 8-12, 1987.

ESCUDERO, N.L.; DE ARELLANO, M.L.; LUCO, J.M.; GIMENEZ, M.S.; MUCCIARELLI, S.I. Comparison of the chemical composition and nutritional value of Amaranthus cruentus flour and its protein concentrate. **Plant of Foods Human Nutrition**, v. 59, n. 1, p. 15-21, 2004.

ESCUDERO, N.L.; ZIRULNIK, F.; GOMEZ, N.N.; MUCCIARELLI, S.I.; GIMENEZ, M.S. Influence of a protein concentrate from Amaranthus cruentus seeds on lipid metabolism. **Experimental Biology and Medicine**, v. 231, n. 1, p. 50-59, 2006.

GONOR, K.V.; POGOZHEVA, A.V.; KULAKOVA, S.N.; MEDVEDEV, F.A.,\; MIROSHNICHENKO, L.A. The influence of diet with including amaranth oil on lipid metabolism in patients with ischemic heart disease and hyperlipoproteidemia. **Voprosy Pitaniia,** v. 75, n. 3, p. 17-21, 2006.

GRAJETA, H. Effects of amaranthus (*Amaranthus cruentus*) seeds on lipid metabolism in rats. **Bromatologia i Chemia Toksykologiczna,** v. 30, n. 1, p. 25–30, 1997.

GRAJETA, H. Effect of amaranth and oat bran on blood serum and liver lipids in rats depending on the kind of dietary fats. **Nahrung,** v. 43, n. 2, p. 114–117, 1999.

GUERRA-MATIAS, A., ARÊAS, J.A.G. Glycemic and insulinemic responses in women consuming extruded amaranth (*Amaranthus cruentus* L). **Nutrition Research**, v. 25, n. 9, p. 815-822, 2005.

HASLER, C.M. The Changing Face of Functional Foods. **Journal of the American College of Nutrition**, v. 19, p. 499-506, 2000.

HASLER, C.M.; BROWN, A.C. Position of the American Dietetic Association: Functional Foods. **Journal of the American Dietetic Association,** v. 109, p.

735-746, 2004.

HIBI, M.; HACHIMURA, S.; HASHIZUME, S.; OBATA, T.; KAMINOGAWA, S. Amaranth grain inhibits antigen-specific IgE production through augmentation of the IFN-gamma response in vivo and in vitro. **Cytotechnology**, v. 43, n. 1-3, p. 33-40, 2003.

IRVING, D.W.; BETSCHART, A.A.; SAUNDERS, R.M. Morphological studies on *Amaranthus cruentus*. **Journal of Food Sciences**, v. 46, n. 4, p. 1170-1174, 1981.

JENKIS, D.J.; KENDALL, C.W.; AUGUSTIN, L.S.; FRANCESCHI, S.; HAMIDI, M.; MARCHIE, A.; JENKIS, A.; AXELSEN, M. Glycemic index: overview of implications in health and disease. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 76, n. 1, p. 266-273, 2002.

KIM, H.K.; KIM, M.J.; CHO, H.Y.; KIM, E.K.; SHIN, D.H. Antioxidative and antidiabetic effects of amaranth (Amaranthus esculantus) in streptozotocin-induced diabetic rats. **Cell Biochemical Function**, v. 24, n. 3, p. 195-199, 2006.

KIM, H.K.; MI-JEONG, K.; DONG-HOON, S. Improvement of Lipid Profile by Amaranth *(Amaranthus esculantus)* Supplementation in Streptozotocin-Induced Diabetic Rats. **Annual Nutrition and Metabolism,** *v.* 50, n. 3, p. 277-281, 2006.

KLIMCZAK, I.; MALECKA, M.; PACHOLEK, B. Antioxidant activity of ethanolic extracts of amaranth seeds. **Nahrung**, v. 46, n. 3, p. 184-186, 2002.

KULAKOVA, S.N.; POZDNIAKOV, A.L.; KORF, I.I.; KARAGODINA, Z.V.; MEDVEDEV, F.A.; VIKTOROVA, E.V.; GONOR, K.V.; KAMYSHEVA, I.M.; GADZHIEVA, Z.M. Amaranths oil: peculiarities of chemical composition and influence on lipid metabolism by rats. **Voprosy Pitaniia,** v. 75, n. 3, p. 36-42, 2006.

KUROKI, T.; ISSHIKI, K.; KING, G.L. Oxidative Stress: The Lead or Supporting Actor in the Pathogenesis of Diabetic Complications. **Journal of American Society of Nephrology**, v. 14, n. 3, p. 216-220, 2003.

LEHMANN, J.W. Case history of grain amaranth as an alternative crop. **Cereal Food World**, v. 4, n. 5, p. 399-410, 1996.

LEON-CAMACHO, M.; GARCIA-GONZALEZ, D.L.; APARICIO, R. 2001. A detailed and comprehensive study of amaranth (*Amaranthus cruentus* L.) oil fatty profile. **European Food Research Technology**, v. 213, n. 4, p. 349-355, 2001.

LI, G.H.; LE, G.W.; SHI, Y.H.; SUNDAR, S. Angiotensin I-converting enzyme inhibitory peptides derived from food proteins and their physiological and pharmacological effects. **Nutrition Research**, v. 24, n. 7, p. 469-89, 2004.

LUDWIG, D.S.; MAJZOUB, J.A.; AL-ZAHRANI, A.; DALLAL, G.E.; BLANCO, I.; ROBERTS, S.B. 1999. High glycemic index foods, overeating and obesity. **Pediatrics,** v. 103, n. 3, p. 26-32, 1999.

MARCÍLIO, R.; AMAYA-FARFAN, J.; CIACCO, C.F.; SPEHAR, C.F. Fracionamento do grão de amaranto (*A. cruentus*) brasileiro e suas características composicionais. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, v. 23, n. 3, p. 511-516, 2003.

MARCÍLIO, R.; AMAYA-FARFÁN, J.; SILVA, M.A.A.P. Avaliação da farinha de amaranto na elaboração de biscoito tipo "cookie" para celíacos. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 8, n. 2, p. 175-181, 2005.

MARTIROSYAN, D.M.; MIROSHNICHENKO, L.A.; KULAKOVA, S.N.; POGOJEVA, A.V.; ZOLOEDOV, V. Amaranth oil application for coronary heart disease and hypertension. **Lipids Health and Disease**, v. 6, n. 1, p. 1-12, 2007.

MENDONÇA, S.; SALDIVA, P.H.; CRUZ, R.J.; ARÊAS, J.A.G. Amaranth protein presents cholesterol-lowering effect. **Food Chemistry**, v. 116, n. 3, p. 738-742, 2009.

MIETTINEM, T.A.; VANHANEN, A. Serum concentration and metabolism of cholesterol during rapseed oil and squalene feeding. **American Journal of Clinical and Nutrition, v.** 59, n. 2, p. 356-63, 1994.

MILNER, J.A. Functional foods and health promotion. **Journal of Nutrition**, v. 129, n. 7, p.1395-1397, 1999.

MOLBERG; O.; MCADAM; S.N.; SOLLID, L.M. Role of tissue transglutaminase in celiac disease. **Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition,** v. 30, n. 3, p. 232-40, 2000.

MONTEROS, C.J.; NIETO, C.C.; CAICEDO, C.V.; RIVERA, M.M.; VIMOS, C.N. Iniap alegria primera variedade mejorada de amaranto para la sierra ecuatoriana. In: **Produccion y procesamiento de quinua em ecuador.** 1998 [Accessed 2011 May 12] Available from: http://www.idrc.ca.

OLOGUNDE, M.O.; SHEPARD, R.L.; AFOLABI, O.A.; OKE, O.L. Bioavailability to rats of iron from fortified grain amaranth flour. **International Journal of Food and Sciences Technology**, v. 26, n. 5, p. 493-500, 1991.

OLOGUNDE, M.O.; SHEPARD, R.L.; AFOLABI, O.A.; OKE, O.L. Bioavailability to rats of iron from fortified grain amaranth. **Plant and Foods Human Nutrition,** v. 45, n. 3, p. 191-201, 1994.

ONDETTI, M.A.; CUSHMAN, D.W. Enzymes of the renin-angiotensin system and

their inhibitors. **Annual Reviews of Biochemistry,** v. 51, p. 283-308, 1982.

PASKO, P.; BARTON, H.; ZAGRODZKI, P.; GORINSTEIN, S.; FOŁTA, M.; ZACHWIEJA, S. 2009. Anthocyanins, total polyphenols and antioxidant activity in amaranth and quinoa seeds and sprouts during their growth. **Food Chemistry**, v. 115, n. 3, p. 994-998, 2009.

PASKO, P.; BARTÓN, H.; ZAGRODIZKI, P.; CHLOPICKA, J.; IZEWSKA, A.; GAWLIK, M.; GAWLIK, M.; GORINSTEIN, S. Effect of amaranth seeds in diet on oxidative status in plasma and selected tissues of high fructose-fed rats. **Food Chemistry,** v. 126, n. 1, p. 85-90, 2011.

PLATE, A.Y.A.; ARÊAS, J.A.G. Cholesterol-lowering effect of extruded amaranth *(Amaranthus caudatus L*.) in hypercholesterolemic rabbits. **Food Chemistry,** v. 76, n. 1, p. 1-6, 2002.

QUEIROZ, S.S.; TORRES, M.A.A. Anemia ferropriva na infância. **Journal de Pediatria**, v. 76, n. 3, p. 298-304, 2000.

QURESHI, A.A.; LEHMANN, J.L.; PETERSON, D.M. Amaranth and its oil inhibit cholesterol biosynthesis in 6-week-old female chickens. **Journal of Nutrition**, v. 128, n. 8, p. 1972-1978, 1996.

ROITT, I.M. A base da Imunologia. : In: ROITT, I.M. **Imunologia.** 5th ed. São Paulo: Atheneu, p. 12, 1999.

SAWADA, M.; MATSUAO, M.; SEKI, J. Inhibition of Cholesterol Synthesis Causes Both Hypercholesterolemia and Hypocholesterolemia in Hamsters. **Biology and Pharmaceutical Bulletin**, v. 25, n. 12, p. 1577-1582, 2002.

SAUNDERS, R.M.; BECKER, R. Amaranthus: a potencial food and feed resource. **Advances in Cereal Science and Technology**, v. 6, p. 357-396, 1984.

SDEPANIAN, V.L.; MORAIS, M.B.; FAGUNDES-NETO, U. Doença celíaca: a evolução dos conhecimentos desde sua centenária descrição original até os dias atuais. **Arquivos of Gastroenterology**, v. 36, n. 4, p. 244-257, 1999.

SHIN, D.H.; HEO, H.J.; LEE, Y.J.; KIM, H.K. Amaranth squalene reduces serum and liver lipid levels in rats fed a cholesterol diet. **British Journal of Biomedical Sciences**, v. 61, n. 1, p. 11-14, 2004.

SILVA-SANCHEZ, C.; DE LA ROSA, A.P.; LEÓN-GALVÁN, M.F.; DE LIMEN, B.O.; DE LEÓN-RODRÍGUEZ, A.; DE MEJÍA, E.G. Bioactive Peptides in Amaranth (Amaranthus hypochondriacus) Seed. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, n. 4, p. 1233-1240, 2008.

SINGHAL, R.S.; KULKARNI, P.R. Review: Amaranths-an underutilized resource. **International Journal of Food Sciences Technology,** v. 23, n. 2, p. 125-139, 1988.

STITES, D.P.; TERR, A.I.; PARSLOW, T.G. Fundamentos de Biologia das Células Sangüíneas. In: STITES, D.P.; TERR, A.I.; PARSLOW, T.G. **Imunologia médica**. 9th. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 68, 2000.

TEUTONICO, R.; KNORR, D. **Amaranth, Composition, Properties, and Applications of a Rediscovered Food Crop.** Fodd Technology, v. 39, n. 4, p. 49-59, 1985.

THOMPSON, T. Case problem: questions regarding the acceptability of buckwheat, amaranth, quinoa, and oats from a patient with celiac disease. **Journal of American Dietetic Association** , v. 101, n. 5, p. 586-587, 2001.

TIENGO, A.; FARIA, M.; NETTO, F.M. Characterization and ACE-inhibitory activity of amaranth proteins. **Journal of Food Sciences**, v. 74, n. 5, p. 121-126, 2009.

TOSI, E.A.; CIAPPINI, M.C.; MASCIARELLI, R. Utilización de la harina integral de amaranto (*Amaranthus Cruentus*) em la fabricación de galletas para celíacos. **Alimentaria**, v. 33, n. 269, p. 49-55, 1996.

TOVAR-PÉREZ, E.G.; GUERRERO-LEGARRETA, I.; FARRÉS-GONZALES, A.; SORIANO-SANTOS, J. Angiotensin I-converting enzyme-inhibitory peptide fractions from albumin 1 and globulin as obtained of amaranth grain. **Food Chemistry,** v. 116, n. 2, p. 437-44, 2009.

VALDER, W.L.; DE RU, A.; VAN DER WAL, Y.; KOGY, Y.M.C.; BENCKHINJESEN, W.; MEARIN, M.L.; DRIJIFHOUT, J.W.; VAN VEELEN, P.; KONING, F. Specificity of tissue transglutaminase explains cereal toxicity in celiac disease. **Journal of Experimental Medicine** , v. 195, n. 5, p. 643-649, 2002.

VECCHI, B.; AÑÓN, M.C. ACE inhibitory tetrapeptides from Amaranthus hypochondriacus 11S globulin. **Phytochemistry**, v. 70, n. 7, p. 864-70, 2009.

VENUGOPAL, S.K.; DEVARAJ, S.; YANG, T.; JIALAL, I. Alpha -Tocopherol Decreases Superoxide Anion Release in Human Monocytes Under Hyperglycemic Conditions Via Inhibition of Protein Kinase C-alpha. **Diabetes**, v. 51, n. 10, p. 3049-3054, 2002.

WHITTAKER, P.; OLOGUNDE, M. Study of iron bioavailability in a native Nigerian grain amaranth cereal for young children, using a rat model. **Cereal chemistry**, v. 67, n. 5, p. 505-508, 1990.

WILDMAN, R.E.C. Nutraceuticals. **Handbook of Nutraceuticals and Functional**

Foods. CRC Series: New York. p. 70-96, 2000.

YU, L.G.; MILTON, J.D.; FERNIG, D.G.; RHODES, J.M. Opposite effects on human colon cancer cell proliferation of two dietary Thomsen-Friedenreich antigen-binding lectins. **Journal of Cell Physiology**, v. 186, n. 2, p. 282-287, 2001.

CAPÍTULO 2
DESENVOLVIMENTO DA FORMULAÇÃO DE *MUFFIN* DE MAÇÃ COM FARINHA DE AMARANTO, DETERMINAÇÃO DO PERFIL SENSORIAL E ATITUDE DO CONSUMIDOR

RESUMO

A exigência do consumidor por alimentos com qualidade sensorial e nutricional, e além disso, que apresentem benefícios associados à saúde, os chamados alimentos funcionais, vem estimulando o desenvolvimento de novos produtos com estas características. A presente pesquisa teve como objetivo desenvolver uma formulação de um *muffin* de maçã elaborado com farinha de amaranto e avaliar a aceitação do consumidor, através da análise da aceitação e intenção de compra, além de determinar a atitude do consumidor em relação à saúde.

Foram desenvolvidas um total de 16 formulações por planejamento experimental, a partir de uma receita padrão, e foi determinada a aceitação em relação à aparência, aroma, sabor, textura e impressão global com 37 consumidores, utilizando uma escala hedônica linear de 9 cm, e teste de intenção de compra, por meio de uma escala de atitude estruturada de 5 pontos. Os dados foram analisados por ANOVA, teste de médias de Tukey ($p<0,05$). Foram realizados também análises instrumental de textura nos parâmetros dureza, adesividade, gomosidade, mastigabilidade, coesividade e elasticidade, além de atividade de água e cor. Observou-se que os ensaios 4, 7 e 8 foram os mais aceitos ($p < 0,05$), e estes passaram novamente por teste de aceitação e intenção de compra. A maioria dos consumidores apresentou atitude de compra positiva ("certamente compraria" e "provavelmente compraria") para os três ensaios mais aceitos. O ensaio 4 foi mais aceito pelos consumidores.

A atitude do consumidor foi avaliada através da escala de atitude em relação à saúde – HTAS em 125 consumidores adultos e idosos, e verificou-se os

dados demográficos (idade, sexo, grau de escolaridade), para cada item avaliado foram calculados a média, desvio-padrão e a freqüência dos escores obtidos. Para avaliar a confiabilidade da escala na avaliação do consumidor foi aplicado o coeficiente α de Cronbach. A atitude do consumidor apresentou uma maior preocupação com a saúde e adoção de hábitos saudáveis em relação à alimentação e nutrição. A escala de atitude obteve um coeficiente α de Cronbach de 0,83, o que demostra uma alta confiabilidade.

O s *muffins* com aceitação significativamente superiores ($p \leq 0,05$) apresentaram uma composição nutricional isenta de colesterol e com baixa quantidade de calorias.

Unitermos: amaranto, *muffin*, análise sensorial, atitude do consumidor, planejamento experimental, análise instrumental.

ABSTRACT

The consumer demand for foods with nutritional and sensory quality, and also providing health benefits associated with the so-called functional foods has stimulated the development of new products with this feature, to meet the consumer market. This study aimed to develop a formulation of an apple *muffin* made with amaranth flour and evaluate consumer acceptance, through the analysis of acceptance and purchase intent, and assess consumer attitudes in relation to health.

There were developed a total of 16 formulations from a standard recipe, and evaluated the degree of acceptance for attributes such as: appearance, aroma, flavor, texture and overall impression with 37 consumers, using a linear hedonic scale of 9 cm, and purchase intention test, through a structured attitude scale of 5 points. Data were analyzed by ANOVA, Tukey multiple comparison ($p < 0.05$). We also conducted instrumental analysis texture parameters such as: hardness, adhesiveness, gumminess, chewiness, cohesiveness and elasticity as well as water activity and color analysis. It was observed that tests 4, 7 and 8 were the most widely accepted, and these were again tested for acceptance and purchase intent. Most consumers had positive shopping attitude ("would definitely buy" and "would probably buy") for the three most widely accepted tests. Test 4 was the most accepted by consumers.

The consumer attitude was assessed using a scale of attitude towards health - HTAs in 125 consumers, apart from identifying demographic data such as (age, sex, education level). For each evaluated item there were calculated the average, standard deviation and frequency of scores obtained. In order to assess the reliability of the scale towards the consumer assessment the coefficient of Cronbach's α (alpha) was used. The attitude of consumers demonstrated a greater concern with health and adopting healthy habits regarding food and nutrition. The attitude scale obtained a Cronbach's α coefficient of 0.83, which demonstrates a high reliability.

The most accepted *muffin*s presented in its nutritional composition low amount of calories and were cholesterol free.

Key-words: amaranth, cakes, sensory analysis, consumer attitude, experimental design, instrumental analysis.

1. INTRODUÇÃO

1.1 Uso do grão de amaranto na alimentação humana

O amaranto é originário das Américas do Sul e Central. Representou a base da dieta de diversas civilizações pré-colombianas, destacando-se os Maias, Incas e Astecas, sendo considerado um alimento sagrado em rituais religiosos. Entretanto essa cultura quase desapareceu à época da colonização espanhola nesses locais, sendo proibido o seu cultivo e consumo, mantendo-se apenas em pontos das regiões dos Andes, em pequenas quantidades (SAUDERS e BECKER, 1984; TEUTONICO e KNORR, 1985).

O interesse maior pelo amaranto surgiu na década de 80, quando a *National Academy of Sciences* o considerou como uma das culturas mais promissoras para alimentar a humanidade e lideraram o início das pesquisas com o grão, comprovando o seu valor nutritivo e o potencial agronômico (SAUDERS e BECKER, 1984; TEUTONICO e KNORR, 1985; MONTEROS *et al*., 1998). A Embrapa Cerrados (Planaltina - DF), junto com instituições públicas e privadas, selecionou alguns genótipos, sendo os cultivares de amaranto denominados *Amaranthus cruentus* L., variedade BRS Alegria as primeiras recomendações ao cultivo no Brasil (SPEHAR *et al.*, 2003; TEIXEIRA *et al*., 2003). O nome alegria refere-se a uma guloseima mexicana preparada com grãos de amaranto estourados (*popped*) e unidos com xarope de glicose ou caramelo (IRVING *et al*., 1981; BREENE, 1991, TOVAR *et al*., 1994).

A composição nutricional do grão e da planta de amaranto torna-os atrativos aos produtores e à agroindústria, podendo ser empregado na alimentação humana e animal, diretamente ou por produtos transformados pela indústria. Na alimentação humana emprega-se o grão inteiro, expandido (pipoca), moído para serem ingeridos como suspensão com água ou leite, ou serem incorporados em diversas preparações, tais como produtos de panificação, pudins, mingaus, massas alimentícias, bebidas e confeitos e as folhas podem ser utilizadas na mesma forma que as hortaliças (BREENE, 1991; BRESSANI, 1998;

SPEHAR *et al*., 2003).

O amaranto é consumido na forma de grão ou hortaliça na dieta de australianos, africanos e asiáticos (LEHMAN, 1996). Na China têm-se desenvolvido produtos, tais como biscoitos, espaguetes, vinhos, vinagre, molhos, entre outros (WU *et al.*, 2000).

Na forma de pipoca, o amaranto pode ser agregado com mel, melado ou malte, além do xarope de glicose ou caramelo e formar uma barra nutritiva, conhecida como “torrão de kiwicha” no Peru e Bolívia, “alegria” no México e “tadoo” na Índia. No Nepal, as sementes são cozidas no leite como arroz-doce (satoo) e da farinha faz-se um pão semelhante ao pão sírio (chappati) (SHINGAL e KULKARNI, 1988). No México prepara-se com as sementes tostadas, moídas ou inteiras, um prato denominado “atole” ou “pinole”, parecido com o arroz-doce, além de pamonhas (hoauhquilt) onde incluem-se farinha de milho, talos e folhas de amaranto (JIMENEZ e CORDERO, 1986). Nos Estados Unidos preparam-se pães de consistência esponjosa, além de cereais matinais, farinhas, massas, biscoitos dietéticos.

Na forma de farinha, o amaranto tem sido avaliado em várias preparações, como substituto da farinha de trigo ou em parte dela, dentre estas preparações pode-se citar a elaboração de *cookies* (SINDHUJA *et al.*, 2005; MARCÍLIO *et al.*, 2005; MOHALLEN, 2009; ROCHA, 2010), produtos de panificação (TOSI *et al*., 1996; BURISOVÁ *et al*., 2001; AYO, 2001; KOVÁCS *et al*., 2001; CZUBASZEK, 2002; GAMBUS *et al.*, 2002; BHUVANESWARI e SHARADA, 2004; CAPRILES *et al*., 2006; CAPRILES *et al*., 2008; BODROZA-SOLAROVA *et al.*, 2008; MARIOTTI *et al.*, 2009), *snacks* (ILO *et al.*, 1999; CHÁVEZ-JÁUREGUI *et al*., 2000, 2003, 2010; GUERRA-MATIAS e ARÊAS, 2005; CAPRILES *et al*., 2007; CAPRILES e ARÊAS, 2011), bebidas instantâneas (CHEEKE e BRONSON, 1980; WHEELER *et al*., 1981; MENDOZA e BRESSANI, 1987; ARCILA e MENDOZA, 2006), cereais matinais e barras de cereais (COELHO, 2006; CAPRILES *et al*., 2010), entre outras.

No entanto, apesar das qualidades nutricionais do amaranto, ele ainda é um alimento pouco conhecido no Brasil.

1.2 Planejamento experimental

A metodologia do planejamento fatorial associada à análise de superfície de resposta é uma ferramenta importante na teoria estatística, fornecendo informações seguras sobre o processo, diminuindo o empirismo que envolve técnicas de tentativa e erro (BOX *et al.*, 1978). A necessidade de otimização de produtos e processos, minimizando custos e tempos, maximizando rendimento, produtividade e qualidade de produtos faz com que profissionais de diferentes áreas busquem técnicas sistemáticas de planejamento de experimentos (RODRIGUES e IEMMA, 2005).

Por meio da utilização desta técnica sistemática de experimento é possível avaliar os efeitos das variáveis nas respostas desejadas e a interação entre elas. A partir da análise de variância pode-se propor um modelo probabilístico adequado que correlaciona as respostas em função das variáveis estudadas, construindo as superfícies de respostas para determinar as faixas ótimas de operação. Às vezes o objetivo do trabalho é um conhecimento melhor sobre as respostas do sistema diante das variações que podem ocorrer dentro das faixas de operação estabelecidas. Também podem ser verificadas se as variáveis apresentam pouca ou nenhuma influência nas respostas, fornecendo subsídios quanto à flexibilidade e definição da melhor estratégia de controle operacional.

1.2.1 Planejamento fatorial e "Screening Design"

A dificuldade na utilização do planejamento fracionado, quando o número de variáveis aumenta, pode ser facilitada pelo o uso do planejamento fatorial proposto por Plackett e Burman em 1946, que reduz drasticamente o número de ensaios a serem realizados.

São planejamentos saturados, úteis como avaliação prévia de variáveis ("screening design"), que permitem estudar todos os efeitos principais "k" (k = n – 1, onde n representa o número de ensaios). As frações propostas por Plackett e Burman (1946) permitem estimar os efeitos principais (contrastes) com variância

mínima (PLACKETT e BURMAN, 1946).

O método Plackett e Burman (PB) é utilizado para que o pesquisador não exclua de forma arbitrária as variáveis que possam ser importantes no processo. O método PB, além do conhecimento estatístico, exige certo conhecimento de álgebra, no tocante aos corpos finitos de Galois e da função de Legendre. As vantagens apresentadas pelo PB são a redução do número de ensaios a serem realizados, permitindo estimar os efeitos principais e identificar as variáveis mais relevantes que devem ser escolhidas para a realização do planejamento completo, mas a sua pequena utilização é devida à dificuldade existente na derivação teórica dos resultados por usuários que são iniciados nos assuntos estatísticos (RODRIGUES e IEMMA, 2005).

Nos planejamentos de PB as colunas são ortogonais, e esta simetria permite que os efeitos principais de cada variável sejam determinados individualmente, considerando que os efeitos de interação sejam desprezíveis (BARROS NETTO *et al.*, 2001).

As matrizes dos delineamentos de PB são construídas para ensaios iguais a 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32 até 100, de 4 em 4. É imprescindível que se escolha um delineamento de PB com um número mínimo de 4 ensaios a mais do que o número de variáveis a serem estudadas no processo, para que se tenha graus de liberdade que possibilitem estimar o erro padrão e definir as variáveis estatisticamente significativas. Outra questão importante seria a inclusão de no mínimo 3 repetições na condição do ponto central, para que se tenha a estimação do erro puro, sendo possível avaliar a repetibilidade do processo (RODRIGUES e IEMMA, 2005).

1.3 Análise Sensorial

A análise sensorial foi definida pela Divisão de Avaliação Sensorial do Institute of Food Technologists em 1975, como “uma disciplina científica usada para evocar, medir, analisar e interpretar reações às características de alimentos e materiais percebidos pelos sentidos da visão, olfato, paladar, tato e

audição.” (STONE e SIDEL, 2004).

As propriedades sensoriais de um alimento são influenciadas pela composição química e propriedades físicas inerentes ao produto, ocorrendo uma interação entre si e são percebidas pelo indivíduo como características de aparência, aroma sabor e textura, influenciando a competitividade entre os produtos (MOLNAR *et al*., 1993).

Pode-se considerar que os testes sensoriais são garantia de qualidade, pois são medidas multidimensionais integradas, apresentando como vantagens a identificação da presença ou ausência de diferenças perceptíveis, a definição de características sensoriais importantes de um produto excluir, e a capacidade de detectar particularidades que não são identificadas por métodos analíticos (MUNÕZ *et al*., 1992).

A análise sensorial na indústria de alimentos tem como objetivo assegurar informações importantes sobre os produtos, tangível às áreas de controle de qualidade, processamento, desenvolvimento e otimização de produtos e marketing (PIGGOTT, 1995).

Os métodos sensoriais estão separados em três grupos, que respondem a questões específicas, dividindo-se em testes descritivos, testes discriminativos e testes afetivos ou de consumidor.

Segundo Meilgaard *et al.* (1999), os testes afetivos podem ser classificados em duas categorias: os testes de aceitação, quando o objetivo é avaliar o grau com que os consumidores gostam ou desgostam de um produto e os testes de preferência, o qual tem por objetivo avaliar a preferência do consumidor quando este compara dois ou mais produtos entre si. O hedonismo envolve o “gostar” e “não gostar” e relaciona uma grande variedade de comportamentos, como a escolha entre dois ou mais produtos, escalas de aceitação de produtos, freqüência de consumo e intenção de compra (MOSKOWITZ, 1983).

Para a avaliação da aceitação e preferência, o método afetivo mais utilizado é com aplicação de escala hedônica de 9 pontos (ou 9 cm). A escala é bastante utilizada, ancorada no extremo esquerdo com o termo “desgostei

muitíssimo" e no extremo direito com o termo "gostei muitíssimo". Os resultados obtidos têm-se mostrado estáveis, sendo as diferenças na aceitação dos produtos reproduzidas com diferentes grupos de provadores (STONE e SIDEL, 2004).

A avaliação dos resultados com testes de consumidores tem sido feitas por análise de variância univariada (ANOVA) e testes de comparação de médias, geralmente utilizando teste de Tukey, comparando-se a aceitação média entre os produtos. Do ponto de vista de análise global, partindo da avaliação conjunta dos consumidores, implica em assumir que todos tivessem o mesmo comportamento, desconsiderando as suas individualidades (POLIGNANO *et al*., 2000). Ainda poderia ocorrer dos dados não serem bem visualizados, podendo perder informações importantes sobre diferentes segmentos. Como solução para este problema, pode-se utilizar o Mapa de Preferência que tem por finalidade identificar grupos de consumidores que respondam uniformemente e que diferem de outros grupos pela idade, sexo, atitude, necessidade, hábitos alimentares e ou respostas para os atributos do produto (WESTAD *et al.*, 2004).

A atitude e o comportamento do consumidor em relação a um determinado produto tem sido alvo de interesse de profissionais do Marketing, para o direcionamento e organização do mercado, pois, conhecendo-se previamente a atitude do consumidor, pode-se direcionar campanhas publicitárias que reforcem uma atitude favorável, ou mudem uma atitude desfavorável, de forma a aumentar a predisposição do consumidor em adquirir o produto (SCHIFFMAN e KANNUK, 2000).

O processo de escolha e compra de alimentos pode ser influenciado e estimulado por vários fatores, e dentre eles pode estar a atitude do consumidor diante de questões relacionadas com a saúde e bem-estar. A descrição dos grupos de consumidores, considerando os dados sócio-econômicos (idade, sexo, renda, escolaridade), nem sempre é recomendado para interpretar os resultados, podendo ser utilizadas outros instrumentos (SHEPHERD e RAATS, 2001).

Um produto para motivar um consumidor a comprá-lo, não basta ter somente boa qualidade sensorial e alegações de saúde. É necessário que estas informações sejam corretamente comunicadas, de forma a motivá-lo a comprar o

produto. Desta forma, pesquisadores de mercado utilizam-se de técnicas de pesquisas quantitativas e qualitativas para identificar os fatores de motivação no momento da compra, além de explorar crenças, opiniões e percepções em relação ao consumo de produtos e serviços (COHEN, 1990).

Um dos instrumentos para investigar a importância da saudabilidade dos alimentos percebida pelo consumidor e o respectivo sabor no processo de escolha e intenção de compra de produtos, é o *Health and Taste Attitude Scales* – HTAS, na versão em português chama-se "Escala de atitude em relação à saúde" (ROININEN *et al*., 1999; traduzido e validado para o português por SOARES *et al*., 2006). A HTAS inclui três sub-escalas que avaliam a atitude em relação à saúde: *General Health Interest*, que aborda o interesse do consumidor em consumir alimentos saudáveis; *Light Product Interest*, que relata o interesse em comer alimentos poucos calóricos; e *Natural Product Interest*, que avalia o interesse em comer alimentos que não contenham aditivos e não sejam processados (SOARES *et al*., 2006).

Cada frase em uma pesquisa de avaliação de atitude do consumidor é denominada "item", e um conjunto de itens sobre um determinado tema constitui a "escala" de atitude. O grau de concordância ou discordância de indivíduos com relação a cada item de uma escala, permite avaliar um conjunto de crenças ou conceitos identificando aqueles que mais contribuem na formação de uma atitude com relação ao tema proposto (MUELLER, 1986).

Para avaliar a atitude do consumidor é utilizada a escala de Likert de sete pontos, sendo 7 o maior grau de concordância com a idéia exposta pelo item (7 = concordei muitíssimo) e, inversamente, 1 representa o maior grau de discordância do item (1 = discordei muitíssimo). Um questionário composto por um conjunto de itens é aplicado a um grupo de cerca de 100 indivíduos e para cada um dos itens é calculado a média, desvio-padrão e distribuição de freqüência de valores da escala. Em complementação é calculado o coeficiente de Cronbach, conhecido como alfa, e é uma medida de confiabilidade da escala como medidora da atitude dos indivíduos em relação ao tema/objeto (MUELLER, 1986; BOVÉE *et al*., 1995).

1.4 Bolo/*muffin*

O *muffin* é um mini-bolo, originários da Grã-Bretanha, com uma textura leve, feitos com fermento fresco, muito consumidos, no inverno, bem quentes com geléia acompanhando o chá. Nos Estados Unidos, os *muffins* passaram a ser feitos com fermento químico e ganharam o formato de pequenos bolos, que têm hoje.

O mercado brasileiro de bolos industrializados movimentou 360 milhões de dólares, no ano de 2010. A praticidade, mudança no padrão de consumo e a variedade de opções para o consumidor também impulsionam o mercado de misturas para bolos. Em 2010, foram movimentadas 190 mil toneladas deste produto no Brasil, sendo que o consumo per capita é de 1,9 kg/habitante/ano (ABIMA, 2010).

Os bolos são produtos de panificação, bastante apreciados, apresentando-se em diferentes formatos, sabores e textura, variando com a formulação ou com o método empregado na fabricação (EL-DASH e GERMANI, 1994). A aceitação deste produto pelo mercado consumidor é devido às suas características reológicas: produtos leves e facilmente mastigáveis, apresentam textura porosa que facilita a digestão e são normalmente muito saborosos (LEITÃO *et al.*, 1984).

As mudanças no processamento e a exigência do consumidor por produtos de qualidade sensorial e nutricional, que apresentem benefícios saúde, fazem surgir novos ingredientes que possam atender às expectativas do mercado (IDRIS *et al.*, 1996 ; MOSCATTO *et al*., 2004).

A massa do bolo é uma emulsão complexa de gordura em água, composta de bolhas como fase descontínua e de uma mistura de ovo, açúcar, água e gordura como fase contínua, onde as partículas de farinha estão dispersas. Durante o forneamento, à medida que a temperatura aumenta, a pressão do vapor de água e a taxa de formação de dióxido de carbono se elevam, difundindo nas bolhas de ar e ocasionando a expansão da massa do bolo. O aumento da temperatura ocasiona também a gelatinização do amido e a coagulação da

proteína (KOCER *et al.*, 2007).

Quando a emulsão é levada ao forno, as bolhas de ar da fase oleosa são transferidas para a fase aquosa na temperatura em que a gordura se funde. O volume do bolo e a estrutura do miolo estão relacionados ao número de bolhas de ar que estão presentes na massa e as bolhas que se forma durante o assamento devido ação do fermento. A farinha de trigo constitui o principal componente das formulações por fornecer a matriz em torno da qual os demais ingredientes são misturados para formar a massa (EL-DASH e CAMARGO, 1982).

A gordura tem por principal função reter o ar dentro da massa durante a etapa de batimento. Na massa do bolo, a maior parte dos glóbulos de gordura permanece na fase aquosa (BROOKER, 1993). A gordura tem a propriedade de emulsificar o liquido que hidrata e amacia o miolo, reduzir o envelhecimento e estender a vida útil dos produtos de panificação (PYLER e GORDON, 2009).

O açúcar em alta concentração proporciona a incorporação do ar, resultando em uma massa mais viscosa e estável, mas em quantidades maiores, pode afetar a estrutura física do produto forneado por regular a gelatinização do amido (PATON *et al*., 1981).

As variáveis de qualidade mais importantes em bolos são a textura, a cor, o teor de umidade, a densidade e o pH, os quais podem ser mensurados. Estas variáveis podem se alterar devido à temperatura de forneamento inconstante, à estrutura do forno e à umidade e velocidade do ar no interior do forno (BAIK *et al*., 2000).

A qualidade de bolos pode ser avaliada por meios instrumentais e sensoriais. O procedimento para determinação da firmeza por métodos instrumentais e demais parâmetros de textura no bolo, consiste em fatiar as amostras, submetê-las à compressão em texturômetro mecânico e analisar a curva força-tempo resultante. A microestrutura determina em larga extensão as propriedades reológicas e sensoriais. A cor é um parâmetro crítico em produtos forneados. Bolos com crosta muito claras ou muito escuras estão associados a falhas no processo e formulação (ESTELLER e LANNES, 2005).

O desenvolvimento de produtos que conferem benefícios à saúde da

população é uma tendência recente, além de reconhecer o papel destes produtos na dieta no tocante à prevenção e tratamento de doenças. A aplicação de ingredientes que possam adicionar benefícios à saúde, na linha dos alimentos funcionais, têm encontrado nos produtos de panificação uma alternativa para este objetivo. Os alimentos funcionais não visam somente satisfazer a fome ou prover os nutrientes necessários, mas também prevenir doenças e aumentar o bem-estar físico e mental destes consumidores (MENRAD, 2003).

Pesquisas têm sido realizadas para substituir ingredientes, nas formulações de produtos de panificação, visando adicionar alimentos com propriedades funcionais à estes produtos, e por outro lado, preservando as propriedades tecnológicas e qualidade do produto final. Moscatto *et al*. (2005) desenvolveram uma formulação de bolo de chocolate otimizada, de modo que a farinha de trigo fosse substituída parcialmente por inulina e/ou farinha de yacon. O estudo de Lee *et al.* (2004) avaliou os efeitos da substituição parcial da margarina por farelo de aveia (Nutrim OB) e linhaça sobre as propriedades físicas e reológicas de bolos. Hyvärinen *et al.* (2006) concluiu que pães e *muffins* podem ser suplementados com secoisolariciresinol diglucosídeo (SDG), uma lignana derivada da linhaça, sem perdas significativas deste ingrediente no processamento e armazenamento. Coelho e Wosicki (2010) realizaram o desenvolvimento e análise sensorial de bolos formulados com farinha de bagaço de maçã, proporcionando uma fonte de fibra alimentar para formulações de alimentos panificados.

A presente pesquisa teve como objetivo desenvolver uma formulação de *muffin* de maçã elaborado com farinha de amaranto utilizando-se da técnica de Planejamento Experimental. Devido a importância da aplicação da Análise Sensorial no desenvolvimento de novos produtos, este estudo também objetivou testar a aceitação do consumidor, através da análise da aceitação e intenção de compra, além de levantar a atitude do consumidor em relação à saúde.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Otimização da formulação de *muffin* de maçã com farinha de amaranto

2.1.1 Delineamento experimental

A receita original da preparação padrão foi obtida em livros de receitas convencionais. Posteriormente, esta receita foi testada, assim como foi elaborada a ficha técnica de preparação (FTP), de acordo com o modelo proposta por Botelho e Camargo (2005) (Tabela 1).

Para o desenvolvimento da formulação de *muffin* de maçã com farinha de amaranto, foi utilizada a formulação padrão com farinha de trigo do mesmo *muffin*, desenvolvida pela pesquisadora, utilizando produtos que mantivessem a quantidade de gorduras e colesterol em níveis baixos.

Tabela 1: Ficha técnica de preparação do *muffin* de maçã padrão.

Ingredientes	Peso bruto (g)	Peso líquido (g)	FC	Per capita bruto (g)	Modo de preparo
Açúcar	130,00	130,00	1,00	6,84	Pesar todos os ingredientes. Aquecer o forno à 160º C.
Fibra de maçã/ canela	25,00	25,00	1,00	1,31	Bater a margarina, açúcar, emulsificante e claras bem devagar, velocidade 1 por 1 minuto.
Clara de ovo	85,00	85,00	1,00	4,47	Bater para misturar na velocidade 2, por 3 minutos.
Margarina	60,00	60,00	1,00	3,16	Colocar farinha de amaranto, farinha de trigo, fibra de maçã e canela, bater na velocidade 1 até misturar.
Farinha trigo	250,00	250,00	1,00	13,16	Preparar o chá e colocar 10 gotas de essência de maçã.
Água	100,00	100,00	1,00	5,26	Aos poucos colocar o chá de maçã na massa.
Chá de maçã com canela	4,00	4,00	1,00	0,21	Após bater em velocidade 3 por mais 3 minutos.

Ingredientes	Peso bruto (g)	Peso líquido (g)	FC	Per capita bruto (g)	Modo de preparo
Essência de maçã	0,05	0,05	1,00	0,002	Acrescentar o fermento e a maçã picada sem casca. Misturar levemente.
Emulsificante	10,00	10,00	1,00	0,52	Colocar em formas para *muffins* untadas.
Fermento em pó	20,00	20,00	1,00	1,05	Assar em temperatura de 160º C por 25 minutos, forno sem lastro.
Maçã picada	118,00	100,00	1,18	2,24	Colocar para esfriar.

VET Total	2017,41 kcal		
VET individual	106,18 kcal		
Proteínas	33,87 g	135,48 kcal	6,72 % do VET
Lipídios	52,92 g	476,28 kcal	23,61% do VET
Carboidratos	351,41 g	1405,64 kcal	69,68 % do VET

Fator de cocção/Fator de conversão: 1,40

Rendimento: 950 g

Porção: 50 g

Rendimento (medida caseira): 19 *muffins*

Tabela 2: Delineamento experimental Plackett e Burman (PB) de 12 ensaios, com 3 pontos centrais.

Ensaios	x1	x2	x3	x4	x5	X1 Açúcar (g)	X2 Fibra/ canela (g)	X3 Clara de ovo (g)	X4 Margarina (g)	X5 Farinha de amaranto (g)	Farinha de trigo para completar a massa total (g)	Massa Total (g)	% de farinha de amaranto na formulação (%)	% de farinha trigo na massa total (%)
1	1	-1	1	-1	-1	150	20	105	50	100	125	550	18,18	22,72
2	1	1	-1	1	-1	150	30	65	70	100	135	550	18,18	24,54
3	-1	1	1	-1	1	110	30	105	50	200	55	550	36,36	10,00
4	1	-1	1	1	-1	150	20	105	70	100	105	550	18,18	19,09
5	1	1	-1	1	1	150	30	65	70	200	35	550	36,36	6,36
6	1	1	1	-1	1	150	30	105	50	200	15	550	36,36	2,72
7	-1	1	1	1	-1	110	30	105	70	100	135	550	18,18	24,54
8	-1	-1	1	1	1	110	20	105	70	200	45	550	36,36	8,18
9	-1	-1	-1	1	1	110	20	65	70	200	85	550	36,36	15,45
10	1	-1	-1	-1	1	150	20	65	50	200	65	550	36,36	11,81
11	-1	1	-1	-1	-1	110	30	65	50	100	195	550	18,18	35,45
12	-1	-1	-1	-1	-1	110	20	65	50	100	205	550	18,18	37,27
13	0	0	0	0	0	130	25	85	60	150	100	550	27,27	18,18
14	0	0	0	0	0	130	25	85	60	150	100	550	27,27	18,18
15	0	0	0	0	0	130	25	85	60	150	100	550	27,27	18,18

Na Tabela 2 pode-se verificar as 15 diferentes formulações de *muffin*s de maçã com farinha de amaranto elaboradas, por meio do delineamento experimental Plackett e Burman (PB) de 12 ensaios e mais três repetições do ponto central.

As cinco variáveis independentes estudadas foram: açúcar (X1), proporção de fibra/canela (X2), clara de ovo (X3), margarina (X4) e farinha de amaranto (X5).

A Tabela 3 mostra os valores codificados e reais das variáveis independentes. As variáveis fixas foram 100 mL de água fria, 20 g de fermento em pó, 10 g de emulsificante, 2 saquinhos de chá de maçã com canela, 10 gotas de essência de maçã, 100 g de maçã picada sem casca. A formulação padrão foi realizada com farinha de trigo, completando 680 g de massa, e totalizando cada *muffin* com 50 g em média.

Tabela 3: Valores codificados e reais das variáveis independentes.

Variáveis	**-1**	**0**	**+1**
X1 – Açúcar (g)	110	130	150
X2 – Fibra/canela (g)	15/5	18/7	21/9
X3 – Clara de ovo (g)	65	85	105
X4 – Margarina (g)	50	60	70
X5 – Farinha de amaranto (g)	100	150	200

2.1.2 Preparação do *muffin*

Os *muffin*s foram preparados em triplicata em dia anterior aos testes sensoriais. A massa dos *muffin*s foi distribuída em formas próprias para *muffins*, com revestimento Teflon® e com capacidade para 6 *muffins* ou 340 g.

Os *muffins* foram assados por 25 a 30 minutos, em forno elétrico, pré-aquecido a 160ºC, por 10 minutos. Depois de assados, foram retirados do forno e mantidos nas formas para que esfriassem por completo à temperatura ambiente e, em seguida, foram mantidos em caixas fechadas, à temperatura ambiente até o dia seguinte.

2.1.3 Análise Instrumental

2.1.3.1 Análise Instrumental da Textura

A análise instrumental da textura dos *muffins* de maçã com farinha de amaranto foi feita através do texturômetro TAXT2 Stable Micor Systems, equipado com um probe cilíndrico de alumínio de 100 mm de diâmetro, adequado a este tipo de produto. Os testes foram realizados nas seguintes condições:

- força em compressão;
- velocidade de teste: 2 mm/s;
- velocidade de pré-teste: 5 mm/s;
- velocidade de pós-teste: 5 mm/s;
- força de contato: 20 g;
- distância: 15 mm;
- sensibilidade do aparelho: 50 g.

Os parâmetros de textura instrumental avaliados foram: dureza, adesividade, maciez, coesividade, gomosidade, mastigabilidade, elasticidade (resiliência), sendo expressos através da média de três repetições. Foram utilizadas o *muffin* inteiro, em um altura de 6 cm de espessura, e analisadas ao longo da sua altura. As amostras foram fabricadas no dia anterior ao teste.

2.1.3.2 Atividade de Água

A atividade de água das amostras de *muffin* de maçã com farinha de amaranto foi medida em triplicata através do equipamento AguaLab, modelo 3 TE.

2.1.3.3 Análise Instrumental da Cor

A análise instrumental da cor foi realizada para o miolo e a crosta das amostras de *muffin* de maçã com farinha de amaranto, utilizando colorímetro Hunter Lab, modelo Color Quest II. O sistema CIELAB foi utilizado, sendo a leitura realizada através dos parâmetros luminosidade (L*) e coordenadas de

cromaticidade (a* e b*), sendo que o eixo a* é composto pelas cores vermelha (a* > 0) e verde (a* < 0) e o eixo b*, pelas cores amarela (b* > 0) e azul (b* < 0).

As análises foram realizadas em triplicata, nas seguintes condições:

- iluminante: D65;
- grau do iluminador: 10º
- RSIN: 1 polegada de abertura.

2.1.4 Análise de aceitação

Foi realizado o teste de aceitação com as amostras do *muffin* de maçã padrão e das amostras dos 15 ensaios de *muffins* de maçã com farinha de amaranto. Os atributos sensoriais avaliados foram: aparência, aroma, sabor, textura e impressão global, assim como a intenção de compra referente ao produto. Foram convidados a participar voluntariamente dos testes 37 consumidores e representativos do público alvo (STONE e SIDEL, 2004). Os consumidores foram solicitados a registrar suas avaliações em escala linear não estruturada de 9 cm, ancorada em seu extremo esquerdo a expressão “desgostei muitíssimo” e no extremo direito “gostei muitíssimo” (ANEXO 1).

As amostras foram servidas de forma monádica, em fatias de 25 g (¼ do *muffin*), em pratos descartáveis, codificados com números de três dígitos. As amostras foram apresentadas em blocos completos balanceados, conforme sugerido por Macfie e Bratchel (1989), que considera o balanceamento dos efeitos “first-order, carry-over”.

Os testes foram realizados em cabines sensoriais individuais climatizadas, sob luz branca do Laboratório de Análise Sensorial, localizado no Departamento de Alimentos e Nutrição, Faculdade de Engenharia de Alimentos/ UNICAMP.

Aos consumidores foi oferecida água mineral à temperatura ambiente, para o enxágüe da boca entre a avaliação de uma amostra e outra.

Após a determinação da aceitação das formulações estabelecidas pelo delineamento experimental, foram selecionadas três formulações com as maiores

médias de aceitação nos atributos avaliados. Na ficha utilizada pelos consumidores nas avaliações, foi mencionado um sabor amargo residual no *muffin* de maçã com farinha de amaranto, então, nas três amostras foram realizados o teste de aceitação e intenção de compra novamente.

2.2. Atitude do consumidor

Para caracterizar a população entrevistada e obter informações sobre as suas atitudes em relação à saúde, foram incluídas perguntas sobre a faixa etária, sexo e grau de escolaridade. O questionário utilizado foi o *Health and Taste Attitude Scales* – HTAS, na versão em português "Escala de atitude em relação à saúde" (ROININEN *et al*., 1999; traduzido e validado para o português por SOARES *et al.*, 2006), o qual se utilizou o item 1 da versão em português, que trata sobre o interesse da saúde geral (ANEXO 2).

O questionário foi aplicado em 125 consumidores adultos e idosos, após realizarem o segundo teste de aceitação com as 3 amostras mais aceitas de *muffin* de maçã com farinha de amaranto.

2.3. Informação Nutricional

Para o cálculo da informação nutricional, utilizaram-se as dados contidos nas embalagens das matérias-primas utilizadas e na tabela de composição de alimentos (PHILIPPI, 2002), para a amostra com formulação padrão e para as três amostras de maior aceitação.

2.4. Análise estatística

Os dados de intenção de compra foram analisados por freqüência (porcentagem). Os dados de todas as análises instrumentais de textura e atividade de água, os dados de cor e dos testes de aceitação foram analisados por análise de variância univariada (ANOVA) e teste de médias de Tukey ($p < 0,05$).

Os dados estatísticos foram tratados pelo *Statistical Systems Software* (SAS) Versão 6.0 de 2007 e o XLStat versão 2007.7.

Os resultados de estudo de consumidor foram estatisticamente analisados, segundo procedimento descrito por MUELLER (1986):

- os itens positivos da escala receberam os valores atribuídos a cada categoria: na categoria “concordo fortemente” foi computada a nota 7; na categoria “concordo” foi computada nota 6, e assim por diante até a nota 1 na categoria “discordo fortemente”.
- Os itens negativos da escala foram computados inversamente: a categoria “concordo fortemente” recebeu nota 1 e a categoria “discordo fortemente” recebeu a nota 7.
- Porcentagem de resposta de cada categoria da escala de Likert para cada item do questionário;
- cálculo do coeficiente alfa de Cronbach, também conhecido como alfa:

$$\text{alfa} = (k/k - 1)\,[1 - (\sum s_i^2/s_t^2)]$$

onde: k = número de itens que compõem a escala

s_i^2 = variância de cada item da escala

s_t^2 = variância total.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise Instrumental

3.1.1 Análise de Textura e Atividade de água

Os parâmetros que verificam a qualidade de *muffins* são a textura, a cor, o teor de umidade, a densidade e o pH, os quais podem ser avaliados. As cinéticas de todos estes parâmetros são controladas pela transferência de massa e de calor. Estes parâmetros variam devido à variação da temperatura de forneamento, mas também à estrutura do forno e à umidade e velocidade do ar no interior do forno (BAIK *et al.*, 2000).

A Tabela 4 apresenta os valores médios e desvio-padrão para os parâmeros de textura e atividade de água de todas as formulações dos *muffins* de maçã com farinha de amaranto e padrão.

Tabela 4: Médias dos resultados dos atributos de textura para *muffin* de maçã com farinha de amaranto.

Ensaios	Dureza	Adesividade	Maciez	Coesividade	Gomosidade	Mastigabilidade	Elasticidade	AW*
	Média (DP)	Média (DP)	Média (DP)	Média (DP)	Média (DP)	Média (DP)	Média (DP)	Média (DP)
P	1921,012 (367,588)	-1,851 (2,21)	0,717 (0,03)	0,327 (0,02)	632,062 (156,39)	455,390 (125,782)	0,153 (0,013)	0,918 (0,013)
1	2793,592 (928,149)	2,742 (3,234)	0,593 (0,033)	0,402 (0,065)	1158,08 (561,518)	682,318 (310,414)	0,164 (0,027)	0,909 (0,002)
2	2041,377 (329,554)	7,114 (1,270)	0,607 (0,017)	0,331 (0,001)	679,321 (109,699)	409,435 (58,817)	0,139 (0,002)	0,906 (0,002)
3	2832,431 (194,739)	4,34 (0,210)	0,807 (0,028)	0,452 (0,097)	1289,192 (358,987)	1046,276 (58,817)	0,229 (0,002)	0,937 (0,002)
4	2788,839 (606,719)	4,758 (3,119)	0,661 (0,014)	0,337 (0,020)	937,262 (186,116)	618,591 (112,654)	0,135 (0,012)	0,868 (0,003)
5	2139,924 (91,704)	5,863 (0,723)	0,697 (0,015)	0,399 (0,003)	854,294 (42,241)	595,875 (41,984)	0,181 (0,004)	0,885 (0,008)
6	2265,715 (274,650)	4,689 (0,671)	0,753 (0,016)	0,432 (0,011)	980,564 (130,944)	739,032 (113,335)	0,211 (0,007)	0,907 (0,003)
7	1675,368 (66,844)	7,146 (0,052)	0,630 (0,023)	0,331 (0,012)	555,848 (40,012)	349,754 (25,663)	0,143 (0,007)	0,905 (0,003)
8	2466,293 (642,859)	-0,233 (0,344)	0,742 (0,022)	0,396 (0,010)	980,922 (278,080)	723,389 (183,829)	0,180 (0,003)	0,858 (0,003)
9	2358,017 (633,779)	-0,053 (0,295)	0,715 (0,030)	0,388 (0,012)	912,958 (235,679)	648,492 (137,638)	0,180 (0,009)	0,825 (0,008)
10	2052,545 (142,173)	-0,870 (1,140)	0,720 (0,010)	0,401 (0,027)	821,143 (40,736)	591,558 (26,253)	0,183 (0,021)	0,847 (0,002)
11	2206,415 (332,792)	-0,421 (0,373)	0,659 (0,023)	0,323 (0,020)	712,158 (112,749)	469,916 (80,551)	0,136 (0,011)	0,801 (0,005)
12	2901,484 (683,983)	-0,492 (0,631)	0,660 (0,019)	0,363 (0,019)	1063,036 (209,622)	690,976 (151,331)	0,160 (0,009)	0,840 (0,020)
13	3062,255 (615,566)	-0,221 (0,198)	0,652 (0,015)	0,026 (0,375)	1141,286 (186,036)	743,172 (116,766)	0,160 (0,019)	0,830 (0,006)
14	2697,883 (217,899)	0,644 (0,358)	0,646 (0,030)	0,356 (0,012)	961,078 (107,019)	622,592 (95,603)	0,149 (0,007)	0,733 (0,006)
15	1552,579 (284,585)	-0,137 (0,718)	0,640 (0,040)	0,374 (0,018)	582,179 (120,638)	370,674 (68,287)	0,168 (0,008)	0,834 (0,017)

*AW: atividade de água

A dureza ou firmeza dos *muffins* variou de 1552,579 g a 3062,255 g verificada nas formulações, e a média de dureza obtida foi de 2413,543 ± 414,239 g . A dureza ou firmeza de *muffins* diminui com o aumento na quantidade de emulsificante e a diminuição da quantidade de gordura. A quantidade adicionada de emulsificante na massa foi a mesma em todos os ensaios. O s emulsificantes podem aumentar a incorporação de ar, diminuir a densidade específica e produzir uma boa dispersão da gordura, resultando no aumento do volume final do bolo (BAKER *et al.*, 1990). Segundo SETSER e RACETTE (1992), a firmeza, a oleosidade, a elasticidade, a viscosidade e a suavidade s ão, entre os atributos da textura, os que podem ser alterados de acordo com os sólidos da gordura. A quantidade de gordura, no caso margarina, adicionada na massa, foi variável para os ensaios.

Moscatto *et al.* (2006) utilizaram farinha de yacon, inulina e água, no desenvolvimento de bolo. No parâmetro dureza, foi observado resultados variando de 3638 g, em porcentagens pequenas de farinha de yacon, a 7477 g, em porcentagens maiores de farinha de yacon.

Os valores médios de coesividade apresentaram-se no valor de 0,374 ± 0,0402 g. O açúcar melhora a coesividade. A gordura melhora a maciez (menor firmeza) mas, em excesso, reduz a coesividade. Turola (2002) avaliou a textura de bolos contendo de 20% a 23,55% de polidextrose e enriquecidos com até 5% de fibras, sem adição de açúcar e gorduras, e obteve valores de coesividade variando de 0,4 a 0,5 g.

Em um estudo utilizando farelo de aveia, linhaça e farinha de bagaço de maçã para a confecção de bolos, os autores observaram que a coesividade diminuiu e a maciez aumentou gradualmente com o aumento da substituição, demonstrando que a quantidade de farinha de bagaço de maçã utilizado, que foi de 24%, reduziu coesividade e aumentou maciez (LEE *et al*., 2004).

A gomosidade é definida como a energia necessária para desintegrar um alimento semi-sólido até o mesmo estar pronto para a deglutição, e pode também ser definida como o produto que contêm baixo grau de dureza *versus* alto grau de coesividade (CIVILE e SZCZESNIAK, 1973). A média de

gomosidade obtida foi de 911,77 g ± 207,53. Marangoni (2007) em um estudo sobre o efeito da adição de farinha de yacon e linhaça, observou um valor que variou de 1031 g a 1715 g na gomosidade dos *muffins*. Turola (2002), citado anteriormente, obteve valores de gomosidade variando de 182 a 270 g.

Existem poucas referências para avaliação de adesividade em produtos forneados e, em particular, em bolos. Algumas condições influenciam a adesividade, como aumento na umidade da massa, presença de sacarose e ingredientes com propriedades umectantes, tempo de estocagem e embalagem (ESTELLER *et al.*, 2006). Os valores de adesividade obtidos (mJ) podem ser considerados, no entanto, bastante baixos levando-se em consideração a porcentagem de açúcares nos ensaios, o que poderia tornar a massa bastante pegajosa.

A atividade de água média dos *muffins* foi de 0,865, sendo o maior valor 0,937 (ensaio 3) e o menor valor 0,725 (ensaio 14). Segundo JARDIM e GERMER (1997), valores acima de 0,80 e 0,88 favorecem o desenvolvimento de bolores e leveduras, respectivamente.

3.1.2. Cor

De acordo com o espaço colorimétrico CIEL L* a* b*, a cor do miolo e da crosta diferiu significativamente, em todas as amostras de *muffin* de maçã com farinha de amaranto, devido aos ensaios conterem diferentes proporções das variáveis como: quantidade de açúcar, farinha de amaranto, farinha de trigo, ovos, margarina e fibra/canela.

Valores de L* mais altos indicam maior reflectância da luz, ocasionando formulações com coloração clara, com menores quantidades de açúcares, fibra/ canela, fermento químico inadequado, temperatura baixa e/ou tempo insuficiente de cocção. Valores mais altos de a* indicam uma coloração mais escura. Valores altos para b* indicam formulações com forte coloração amarelada ou dourada (ESTELLER *et al.*, 2006).

Podemos observar na Tabela 5 que as amostras que mais se aproximaram do padrão foram os ensaios 9, 11 e 12, mas no que se refere a

aceitação do consumidor (Tabela 4), a cor não interferiu diretamente, uma vez que as amostras mais aceitas foram a 4, 7 e 8.

Tabela 5: Média dos resultados das dimensões L* a* b* de cor dos *muffins* no planejamento experimental.

Ensaios	Cor da crosta*			Cor do miolo		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Padrão	42,35^{a}	16,03^{bac}	26,15^{bdc}	50,94^{a}	11,70^{ef}	30,38^{edc}
1	38,62^{dc}	14,68^{edc}	23,81^{edc}	47,26^{bcd}	12,63^{edc}	31,88^{bac}
2	36,04^{ed}	13,68^{ed}	22,74^{ed}	43,59^{f}	13,07^{bdc}	30,14^{edc}
3	33,99^{e}	15,58^{bac}	27,39^{bac}	42,75^{f}	13,23^{bdc}	30,11$_{edc}$
4	34,59^{e}	16,46^{ba}	20,77^{e}	47,73^{bc}	12,68^{edc}	31,95^{bac}
5	39,16^{bdc}	16,16^{bac}	27,85^{bac}	40,10^{g}	14,64^{a}	31,69^{bac}
6	33,69^{e}	16,23^{bac}	28,17^{bac}	39,36^{g}	14,12^{ba}	34,33^{a}
7	41,41^{bac}	16,13^{bac}	31,96^{a}	47,39^{bcd}	12,23^{efd}	30,40^{bedc}
8	38,97^{bdc}	16,72^{a}	27,26^{bdc}	44,66^{ef}	12,68^{edc}	32,21^{bac}
9	41,50^{bac}	15,47^{bac}	29,26^{ba}	48,06^{bc}	12,23^{efd}	30,40^{bedc}
10	35,81^{ed}	15,64^{bac}	27,43^{bac}	46,84^{ecd}	13,69^{bac}	31,37^{bdc}
11	44,39^{a}	13,10^{e}	27,62^{bac}	49,52^{ba}	11,57^{ef}	28,88^{ed}
12	44,28^{a}	13,18^{ed}	28,88^{ba}	51,21^{a}	11,26^{f}	28,89^{ed}
13	43,23^{a}	15,59^{bac}	29,55^{ba}	46,96^{ecd}	11,47^{ef}	28,34^{e}
14	41,43^{bac}	13,51^{ed}	26,84^{bdc}	44,98^{efd}	12,59^{efdc}	31,88^{bac}
15	44,85^{e}	14,85^{bdc}	29,33^{ba}	43,93^{f}	13,61^{bac}	33,16^{ba}
DMS**	2,48	1,34	2,77	0,71	0,39	0,79

Médias nas mesmas colunas seguidas por letras idênticas não diferem significativamente entre si (p<0,05).
* A cor das amostras foram medidas nas metades de *muffin*.
** DMS: Diferença mínima significativa obtida no Teste de Médias de Tukey.

A análise destes resultados mostram que quanto mais farinha de amaranto e fibra/canela são incorporadas, mais os *muffins* tornaram-se escuros. Quanto mais margarina apresentam, mais claros tornaram-se as crostas dos *muffins*, enquanto que o miolo tornou-se mais escuro, em comparação ao *muffin* padrão.

A presença de açúcares e ovos na formulação, assim como o calor, aceleram reações de caramelização e reação de Maillard, originando um escurecimento progressivo da crosta e miolo, que podem ser desejáveis ou não desejáveis (GIESE, 2000).

3.2 Análise de aceitação

Os consumidores participaram voluntariamente dos testes de aceitação

das 16 diferentes formulações de *muffins* de maçã com farinha de amaranto, cujas formulações encontram-se na Tabela 2. Os testes foram realizados em dois dias consecutivos, sendo que no primeiro dia foram avaliadas 8 amostras e no dia seguinte foram avaliadas as 8 amostras restantes. Participaram 11 homens e 26 mulheres, dentre estudantes, professores e colaboradores da Faculdade de Engenharia de Alimentos/UNICAMP, com 18 e 48 anos de idade.

De acordo com os resultados médios obtidos da aceitação em relação à aparência, aroma, sabor, textura e impressão global, assim como a intenção de compra referente ao produto , pode-se considerar que a proporção de ingredientes que compõem os diferentes ensaios influenciou no nível de aceitação dos mesmos. A Tabela 6 apresenta as médias de aceitação das amostras de *muffins* de maçã com farinha de amaranto estudadas para os atributos aparência, aroma, sabor, textura e impressão global. As médias de todos os ensaios variaram de 3,90 a 6,46, ou seja, na faixa equivalente entre desgostei ligeiramente e gostei ligeiramente.

Tabela 6: Médias de aceitação de consumidores em relação à aparência, aroma, sabor, textura e impressão global no teste de aceitação com 37 provadores.

Ensaios*	Aparência	Aroma	Sabor	Textura	Impressão Global
Padrão	4,83^{b}	5,25^{a}	5,33^{bac}	5,76^{bac}	5,39^{bac}
1	5,93^{ba}	5,77^{ba}	5,86^{bac}	5,65^{bac}	5,88^{bac}
2	6,39^{a}	6,36^{ba}	5,90^{bac}	5,86^{bac}	5,84^{bac}
3	5,56^{ba}	5,69^{ba}	3,61^{d}	4,53^{c}	3,90^{d}
4	5,91^{ba}	5,91^{ba}	6,48^{a}	6,59^{a}	6,46^{a}
5	6,28^{a}	5,82^{ba}	5,15^{bac}	5,46^{bac}	5,29^{bac}
6	6,06^{a}	6,28^{ba}	5,08^{bc}	5,68^{bac}	5,14^{bdac}
7	6,49^{a}	6,37^{ba}	5,97^{bac}	6,56^{a}	6,14^{ba}
8	6,33^{a}	6,57^{a}	6,41^{ba}	6,26^{ba}	6,27^{ba}
9	5,87^{ba}	6,15^{ba}	5,67^{bac}	5,34^{bac}	5,53^{bac}
10	5,69^{ba}	5,69^{ba}	5,08^{bc}	5,16^{bac}	5,25^{bac}
11	5,40^{ba}	6,13^{ba}	4,70^{dc}	4,57^{c}	4,77^{cd}
12	5,35^{ba}	5,97^{ba}	5,14^{bac}	5,06^{bc}	4,97^{bdc}
13	5,83^{ba}	5,98^{ba}	5,67^{bac}	5,59^{bac}	5,70^{bac}
14	5,49^{ba}	6,10^{ba}	5,41^{bac}	5,93^{bac}	5,57^{bac}
15	6,14^{a}	6,33^{ba}	5,53^{bac}	5,50^{bac}	5,45^{bac}
DMS**	1,21	1,12	1,39	1,47	1,33

Médias nas mesmas colunas seguidas por letras idênticas não diferem significativamente entre si (p≤0,05).

* Correspondem aos ensaios da Tabela 2.

** DMS: Diferença mínima significativa obtida no Teste de Médias de Tukey.

As formulações 4, 7 e 8 foram as que obtiveram as maiores médias de aceitação com relação ao sabor, textura e impressão global. Portanto, elas foram apresentadas novamente para um novo teste de aceitação com 125 provadores. Observando os dados da Tabela 7, verifica-se que para os atributos aparência, aroma, sabor, textura e impressão global a amostra 4, recebeu as maiores médias, sendo portanto a mais aceita que as demais amostras. A amostra 4 apresenta em sua composição 18,18% de farinha de amaranto e 19,09% de farinha de trigo.

Tabela 7: Médias dos consumidores para aparência, aroma, sabor, textura e impressão global no teste de aceitação com 125 provadores.

Ensaios*	Aparência	Aroma	Sabor	Textura	Impressão Global
4	6,69^{a}	6,88^{a}	6,73^{a}	6,49^{a}	6,70^{a}
7	6,52^{a}	6,62^{ba}	6,09^{b}	6,43^{a}	6,47^{a}
8	6,02^{b}	6,34^{b}	5,49^{c}	5,31^{b}	5,65^{b}
DMS**	0,40	0,44	0,45	0,5	0,41

Médias nas mesmas colunas seguidas por letras idênticas não diferem significativamente entre si ($p<0,05$).
* Correspondem aos ensaios da Tabela 2.
** DMS: Diferença mínima significativa obtida no Teste de Médias de Tukey.

No desenvolvimento de um novo produto, um dos pontos fundamentais é avaliar a sua aceitabilidade, a fim de predizer seu comportamento frente ao mercado consumidor. Este é o primeiro estudo em que a farinha de amaranto foi utilizada no preparo de um *muffin* adicionado com maçã. Pode-se verificar, através dos ensaios, que a tendência à aceitação dos *muffin*s não estava no fato da quantidade de farinha de amaranto presente, pois os ensaios mais aceitos tinham quantidades diferentes de farinha de amaranto. O ensaio 4 e 7 apresentavam 100 g e o ensaio 8, apresentava 200 g. Entretanto, uma característica comum aos três ensaios, foram que todos tinham as mesmas quantidades de clara de ovos e margarina. Segundo Griswold (1962), níveis aumentados de gorduras em *muffin*, melhoram a maciez e o sabor, produzindo uma granulação mais fina e mais uniforme, além de textura mais úmida e sedosa.

Coelho e Wozicki (2010) elaboraram um bolo, utilizando farinha de bagaço de maçã, e os testes sensoriais de aceitação do produto mostraram que 34,3% dos consumidores indicaram gostar moderadamente e 45,3% dos

indicaram gostar muito do produto (bolo) elaborado com 24% de farinha de bagaço de maçã.

Outros produtos de forneamento, tendo como ingrediente o amaranto, foram elaborados como produtos de panificação (TOSI *et al*., 1996; BURISOVÁ *et al*., 2001; AYO, 2001; KOVÁCS *et al*., 2001; CZUBASZEK, 2002; GAMBUS *et al.*, 2002; BHUVANESWARI e SHARADA, 2004; CAPRILES *et al*., 2006; CAPRILES *et al*., 2008; BODROZA-SOLAROVA *et al.*, 2008; MARIOTTI *et al.*, 2009), *cookies* (SINDHUJA *et al.*, 2005; MARCÍLIO *et al.*, 2005; MOHALLEN, 2009; ROCHA, 2010). Estes produtos passaram por testes de aceitação sensorial e obtiveram boa aceitação.

3.3 Teste de intenção de compra

Os provadores foram questionados quanto à sua intenção de compra do produto. Estes resultados estão ilustrados na Figura 3.

Com relação à intenção de compra, os consumidores revelaram ter grande interesse em adquirir a maioria das amostras se as mesmas estivessem disponíveis no mercado, indicando o termo de atitude “provavelmente compraria”. Observando o desempenho do ensaio 11, verifica-se que este apresenta alta porcentagem (70%) de atitude “tenho dúvidas se compraria ou não”. Esta atitude poderia ser justificada pela quantidade de ingredientes na formulação, que apresenta-se com uma quantidade menor de claras e margarina, e 18,18% de farinha de amaranto e 35,45% de farinha de trigo (Figura 1).

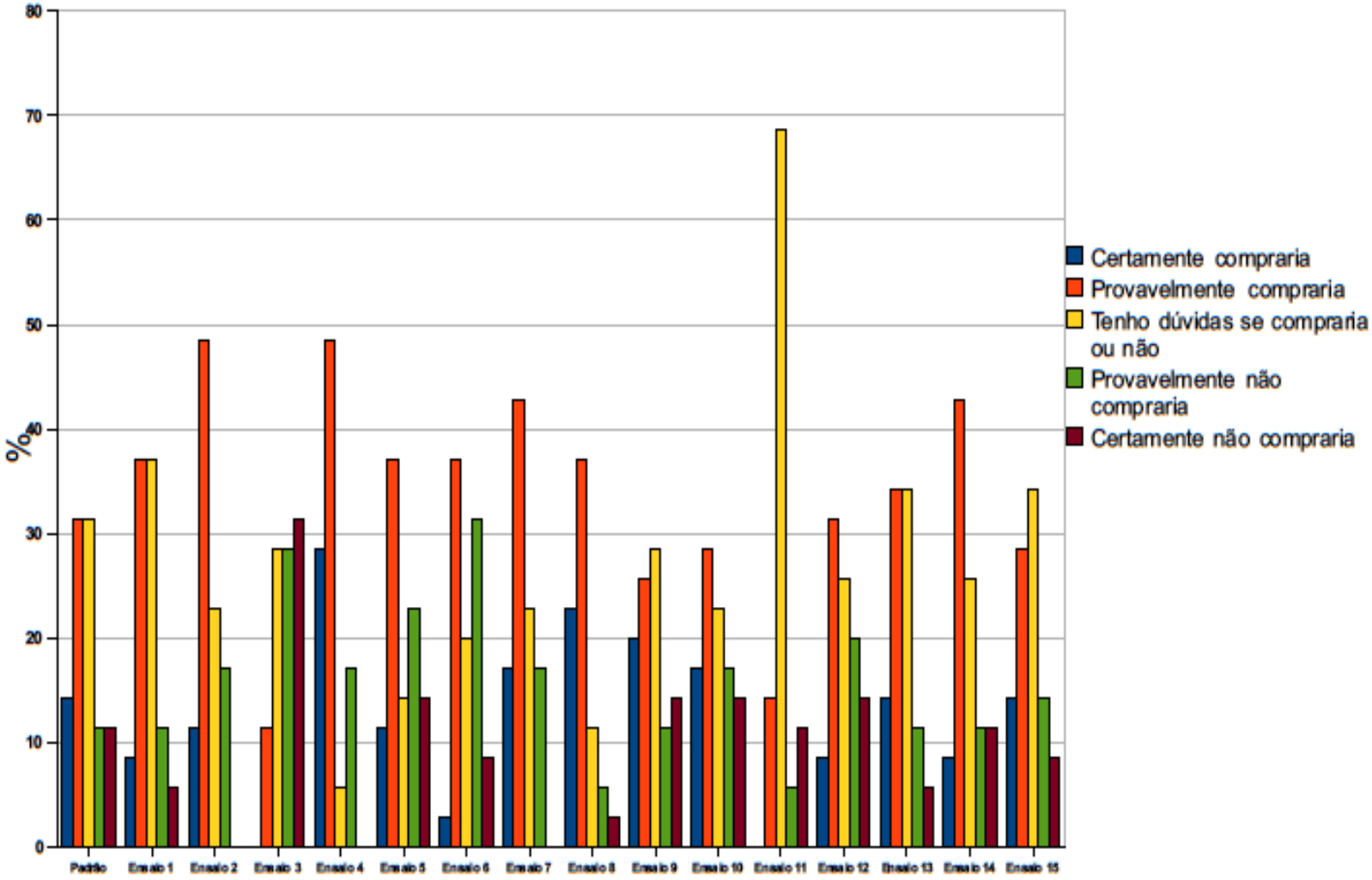


Figura 1: Distribuição de freqüência das notas correspondentes à escala utilizada para avaliar a intenção de compra para as amostras de *muffin* de maçã com farinha de amaranto, dos 16 ensaios estudados.

Os provadores foram questionados quanto à sua intenção de compra dos três ensaios mais aceitos. Estes resultados estão ilustrados na Figura 2.

Nota-se que através da Figura 2, a intenção de compra positiva ("certamente compraria" e "provavelmente compraria") foi a opção da maioria dos consumidores para o ensaio 4 (73,17%), e o ensaio 7 obteve 65,86% de intenção de compra, como segunda opção.

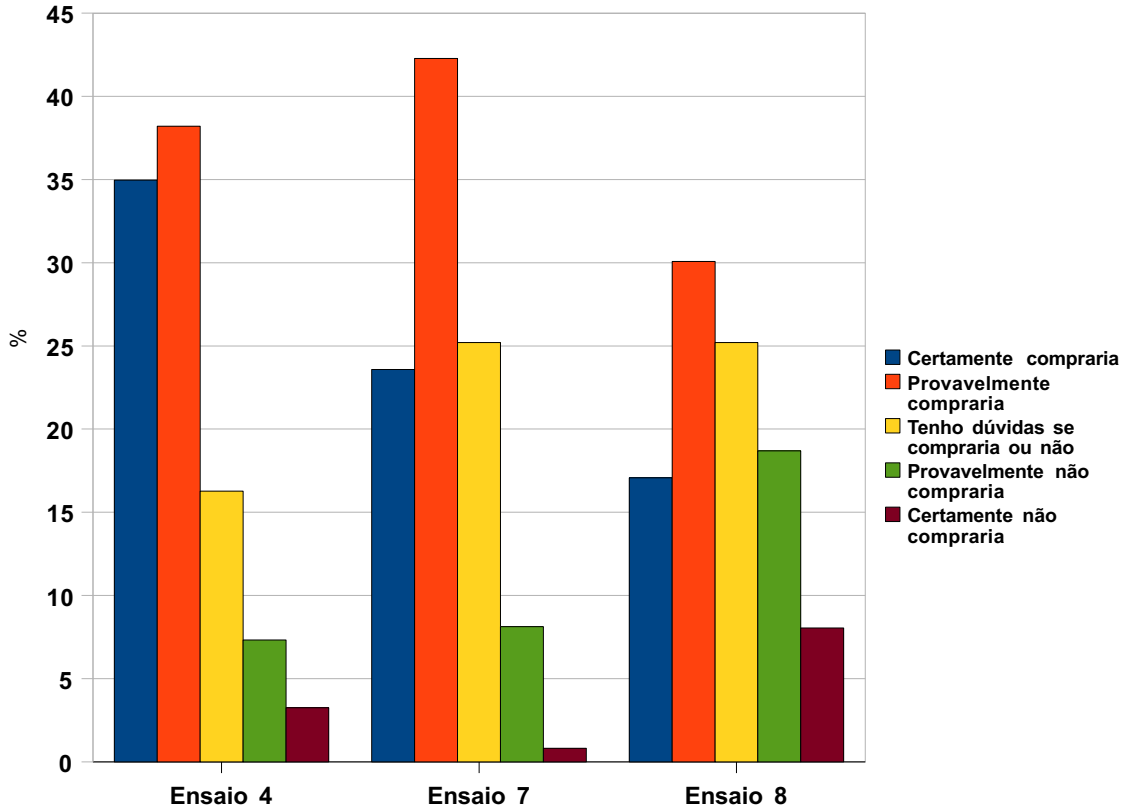


Figura 2: Distribuição de freqüência (%) das notas correspondentes à escala utilizada para avaliar a intenção de compra para as amostras de *muffin* de maçã com farinha de amaranto, dos 3 ensaios mais aceitos.

3.4. Atitude do consumidor

Na avaliação da escala de atitude em relação à saúde – HTAS participaram 125 pessoas, cuja caracterização se encontra na Tabela 8.

Podemos verificar que a maioria da população era feminina, com idade entre 18 e 30 anos de idade. Os entrevistados (83,2%) possuíam pelo menos o segundo grau completo, sendo que, destes, 45,8% haviam concluído algum curso superior. Trata-se de um segmento da população com alto nível educacional.

Tabela 8: Caracterização da população estudada, na aplicação da escala de atitude em relação à saúde - HTAS.

Características	**População**	
	N	**%**
Sexo		
Masculino	31	24,8
Feminino	94	75,2
Idade		
18 – 30 anos	81	64,8
31 – 40 anos	3	2,4
41 – 50 anos	5	4,0
50 – 60 anos	2	1,6
51 – 60 anos	3	2,4
61 – 70 anos	21	16,8
71 – acima	10	8,0
Escolaridade		
1º grau incompleto	13	10,4
1º grau completo	4	3,2
2º grau incompleto	4	3,2
2º grau completo	13	10,4
3º grau incompleto	34	27,2
3º grau completo	29	23,2
Pós-graduado	28	22,4

Na Tabela 9 estão apresentadas os itens que compuseram a escala de atitude em relação à saúde aplicada, que foi aplicada em 125 consumidores adultos e idosos.

Tabela 9: Proporção das respostas (%) dadas por consumidores, escore médio, desvio-padrão e coeficiente de Pearson (r) dos itens na escala de atitude em relação à saúde – HTAS.

Itens	Discordo fortemente (%)	Discordo (%)	Discordo ligeiramente (%)	Não concordo e nem discordo (%)	Concordo ligeiramente (%)	Concordo (%)	Concordo fortemente (%)	Escore médio ±desvio-padrão	r*
1. Eu sou muito preocupado sobre o quão saudáveis são os alimentos.	2,40	0,00	1,60	11,20	19,20	46,40	19,20	5,61 ± 1,33	0,0017
2. Eu sempre sigo uma dieta saudável e balanceada.	4,00	11,20	12,00	16,80	34,40	15,20	6,40	4,62 ± 1,53	0,2024
3. É importante para mim que minha dieta seja pobre em gordura.	4,80	10,40	12,80	16,80	20,00	20,80	14,40	4,97 ± 1,73	0,2522
4. É importante para mim que minha alimentação diária contenha muitas vitaminas e minerais.	3,20	4,80	2,40	10,40	16,00	45,60	17,60	5,66 ± 1,46	0,1865
5. Eu como o que eu gosto e eu não me preocupo com o quão saudável o alimento é.	4,00	11,20	16,00	9,60	13,60	38,40	18,40	4,68 ± 1,78	0,1469
6. O quão saudável é o alimento tem pouco impacto nas minhas escolhas.	3,20	14,40	4,80	7,20	13,60	38,40	18,40	5,03 ± 1,79	-0,1046
7. O quão saudável os petiscos são não faz nenhuma diferença para mim.	1,60	10,40	12,00	9,60	11,20	37,60	17,60	4,98 ± 1,70	-0,0084
8. Eu não evito nenhum alimento, mesmo aqueles que podem elevar meu colesterol.	4,00	12,80	12,80	9,60	13,60	26,40	20,80	4,78 ± 1,86	-0,1865

*r: Coeficiente de Pearson

A literatura científica ressalta que embora as aplicações do coeficiente α de Cronbach sejam amplas e abrangentes nas diversas áreas do conhecimento, o valor deste coeficiente na interpretação e confiabilidade de questionários ainda carece de um consenso entre os pesquisadores.

Para a classificação da confiabilidade de um instrumento de pesquisa, a partir do cálculo do coeficiente α de Cronbach, sugere-se os valores de acordo com os limites apresentados na Tabela 10.

Tabela 10: Classificação da confiabilidade a partir do coeficiente α de Cronbach.

Confiabilidade	Muito baixa	Baixa	Moderada	Alta	Muito alta
Valor de α	α ≤ 0,30	0,30 < α ≤ 0,60	0,60 < α ≤ 0,75	0,75 < α ≤ 0,90	α > 0,90

Fonte: CRONBACH, 1951

A escala de atitude em relação à saúde apresentou um coeficiente α de Cronbach igual a 0,83. De acordo com Mueller (1986), uma escala que apresente um coeficiente α de Cronbach igual ou superior a 0,70 é um instrumento confiável para se medir atitudes sobre o objeto relacionado.

Behrens e Silva (2004) realizaram uma pesquisa para verificar a atitude de consumidores em relação à aceitação e a freqüência do consumo de soja, utilizando questionários formulados, a escala de Likert e o coeficiente α de Cronbach. Este coeficiente apresentou-se com o valor de 0,71, e os pesquisadores concluíram que a atitude dos consumidores em relação à soja e seus derivados era positiva, mas havia a necessidade de reforçar as alegações de saúde e nutrição na comunicação dos benefícios do consumo de soja.

Neste estudo, foi incluído a escala de atitudes em relação à saúde para verificar qual a preocupação do consumidor neste aspecto e na aceitação de um produto com apelo de alimento funcional, ou seja, alimento que apresenta benefícios à saúde. Pode-se verificar que o consumidor esta mais consciente com relação a hábitos alimentares saudáveis, principalmente nas altas porcentagens concordantes nos itens positivos (itens de 1 a 4) e altas porcentagens

discordantes em itens negativos (itens de 5 a 8).

Roininen (2001) argumenta que o indivíduo percebe os benefícios proporcionados pela alimentação saudável. E, assim, estes benefícios afetam o comportamento do indivíduo, caso ele sinta que isto é importante, ou se existe uma motivação ou se ele tem conhecimento suficiente para fazer uma mudança. As respostas dadas pelos participantes demonstram uma preocupação com a saúde e adoção de hábitos saudáveis na alimentação.

3.5 Composição nutricional

Segundo a legislação em vigor no Brasil (BRASIL, 2005), a rotulagem nutricional dos alimentos é importante para a promoção da alimentação saudável e tem sido enfatizado o seu entendimento em orientação nutricional, estudos e pesquisas que envolvem a área de nutrição, como estratégias para a redução do risco de doenças crônicas não transmissíveis.

A Tabela 11 apresenta as informações nutricionais dos ensaios, que obtiveram maior aceitação (ensaios 4, 7 e 8).

Tabela 11: Informação nutricional de uma unidade de *muffin* de maçã com farinha de amaranto, dos ensaios 4, 7 e 8.

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL (Porção de 50 g) **Quantidade por porção**	**Ensaio 4**	**Ensaio 7**	**Ensaio 8**
Valor energético (kcal)	141,29	144,29	145,03
Carboidrato (g)	23,93	22,69	22,69
Proteína (g)	3,00	3,27	3,92
Gorduras Totais (g)	3,72	4,49	4,29
G. Saturadas (g)	0,013	0,014	0,012
G. Trans (g)	*	*	*
G. Monoinsaturadas (g)	0,002	0,003	0,002
G. Polinsaturadas (g)	0,008	0,01	0,008
Colesterol (mg)	*	*	*
Fibra (g)	1,93	1,81	2,88
Sódio (mg)	193,79	193,51	182,69

* não contêm

Segundo as normas de rotulagem (BRASIL, 2005), a informação nutricional será expressa como “zero” ou “0” ou “não contêm” para os valores encontrados em tabelas nutricionais, ou laudos de análise de valor energético e/ou nutrientes, quando o alimento ou produto não contiver quantidades menores ou iguais às estabelecidas como “não significativas” de acordo com a tabela de regras para a declaração de nutrientes. Deste modo, observou-se que em todas as formulações (4, 7 e 8) não houve a presença de gorduras *trans* e colesterol, e podem ser classificados como “zero *trans*” e “livre de colesterol”.

Apesar do conteúdo protéico do ensaio 4 apresentar-se menor em relação aos outros ensaios (7 e 8), segundo Boutrif (1991) não se pode afirmar que ocorram perdas nutricionais no bolo, uma vez que a qualidade das proteínas depende da sua constituição em aminoácidos e da capacidade destas de fornecê-los.

As quantidades de calorias por porção de *muffins* desenvolvidos foram similares, apresentando-se um produto de baixa caloria, sendo que o ensaio 4 obteve um valor menor que os demais. O *muffin* é considerado uma sobremesa, ou integrante de um lanche, podendo fornecer um aporte energético menor, quando comparado a outras sobremesas como pudins, sorvetes e tortas, contribuindo para a diminuição do valor energético total da dieta (MOSCATTO *et al.*, 2004).

4. CONCLUSÃO

Este estudo permitiu avaliar a aceitação hedônica do muffin de maçã com farinha de amaranto por consumidores, que demonstraram boa aceitação dos produtos. A análise instrumental de textura permitiu que se determinassem os parâmetros de textura que influenciaram positiva e negativamente a aceitação dos *muffins* pelos consumidores. A maioria dos consumidores apresentou atitude de compra positiva (“certamente compraria” e “provavelmente compraria”) para os três ensaios mais aceitos.

O estudo da atitude do consumidor indicou que os consumidores

apresentaram uma maior preocupação com a saúde e adoção de hábitos saudáveis em relação à alimentação e nutrição.

O s *muffins* mais aceitos apresentaram uma composição nutricional de baixa caloria, isentos de colesterol.

Pesquisas futuras devem ser realizadas buscando a substituição da sacarose por edulcorantes, para a obtenção de uma formulação *diet* de muffin de maçã com farinha de amaranto, visando a sua utilização por portadores de diabetes e obesidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIMA - Associação Brasileira das Indústrias de Massas Alimentícias. Mercado Nacional de Pães e Bolos. Disponível em: http://www.abima.com.br/est_mp_nacional.asp. Acessado em 27/07/2011.

AMERINE, M.A.; PANGBORN, R.M.; ROESSLER, E.B. **Principles of sensory evaluation of food**. New York: Academic Press, 1965, 602 p.

ARCILA, N.; MENDOZA, Y. Elaboration of an instant beverage amaranth seeds (*Amaranthus cruentus*) and its potential use in the human diet. **Revista Faculdade Agronomica (LUZ)**, v. 23, p. 106-115, 2006.

AYO, J.A. The effect of amaranth grain four on the quality of bread. **International Journal of Food Properties**, v. 4, n. 2, p. 341-351, 2001.

BAKER, B.A.; DAVIS, E.A.; GORDON, J. The influence of sugar and emulsifier type during microwave and conventional heating of a lean formula cake batter. **Cereal Chemistry**, v. 67, n. 5, p. 451- 457, 1990.

BAIK, O.D.; MARCOTTE, M.; CASTAIGNE, F. Cake baking in tunnel type multi-zone industrial ovens. Part II. Evaluation of quality parameters. **Food Research International**, v. 33, p. 599-607, 2000.

BARROS NETTO, B.; SPACINO, S.I.; BRUNS, R.E. **Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria**. Campinas: Editora da Unicamp. 2001. 401 p.

BEHRENS, J.H.; SILVA, M.A.P. Atitude do consumidor em relação à soja e produtos derivados. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, v. 24, n. 3, p. 431-439, 2004.

BHUVANESWARI, G.; SHARADA, G. Acceptability of grain amaranth substitued bakery products and weaning food. **Journal of Agricultural Sciences**, v. 17, n. 4, 2004.

BODROZA-SOLAROV, M.; FILIPCEV, B.; KEVRESAN, Z.; MANDIC, A.; SIMURINA, O. Quality of bread supplemented with popped *Amaranthus cruentus* grain. **Journal of Food Process Engineering**, v. 31, p. 602-618, 2008.

BOTELHO, R.A.; CAMARGO, E.B. **Técnica dietética: seleção e preparo de alimentos, manual de laboratório**. São Paulo: Atheneu, 2005, 167 p.

BOUTRIF, E. Recent developments in protein quality evaluation. **Food Nutrition and Agriculture/Alimentacion Nutricion y Agricultura**, Roma, 1991; 2/3, p. 36-40.

BOVÉE, C.L.; THILL, J.V.; DOVEL, G.P.; WOOD, M.B. **Advertising excellence**. New York: McGraw-Hill Inc., 1995. 712 p.

BOX, G.E.P; HUNTER, W.G.; HUNTER, J.S. **Statistics for Experimenters – An Introduction to Design, Data Analysis and Model Building**. New York: John Wiley & Sons, 1978, 653 p.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. ANVISA. Rotulagem nutricional obrigatória. Manual de orientação às industrias de alimentos (RDC nº 360, 23/12/2003). 2ª versão, Brasília, 2005, 44 p. Disponível em : > http://e-legis.bvs.br/leisref/public/showAct.php?id=9059> Acesso : 29/07/2011.

BREENE, W.M. Food uses of grain amaranth. **Cereal Foods World**, v. 36, n. 5, p. 426-429, 1991.

BRESSANI, R. *Amaranth*: the nutritive value and potential uses of the grain and by products. **Food Nutrition Bulletin**, v. 10, p. 49-59, 1998.

BROOKER, B.E. The stabilization of air in cake batters – the role of fat. **Food Structure**, v. 12, p. 285-296, 1993.

BURISOVÁ, A.; DODOK, L.; ŠKROVÁNKOVÁ, S.; SERULOVÁ, D. The influence of substitution of wheat flour by amaranth flour on fermetative gas production and quality of bread. **Rostlinna Vyroba**, v. 47, n. 5, p. 276-279, 2001.

CAPRILES, V.D.; COELHO, K.D. ; MATIAS, A.C.G. ; ARÊAS, J.A.G. Efeito da adição de amaranto na composição e aceitabilidade do biscoito tipo cookie e do pão de forma. **Alimentos e Nutrição**, v. 17, p. 281-286, 2006.

CAPRILES, V. D.; SOARES, R. A. M.; ARÊAS, J. A. G. Development and assessment of acceptability and nutritional properties of a light snack. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 3, p. 562-566, 2007.

CAPRILES, V.D.; ALMEIDA, E.L.; FERREIRA, R.E.; ARÊAS, J.A.G.; STEEL, C.J.; CHANG, Y.K. Physical and Sensory Properties of Regular and Reduced-Fat Pound Cakes with Added Amaranth Flour. **Cereal Chemistry**, v. 85, p. 614-618, 2008.

CAPRILES, V. D.; ARÊAS, J.A.G. Barras de amaranto enriquecidas com frutanos: aceitabilidade e valor nutricional. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 60, p. 290-297, 2010.

CAPRILES, V.D.; ARÊAS, J.A.G. Redução da razão comprimento/diâmetro da extrusora e aumento da aceitabilidade de snacks à base de amaranto. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 14, p. 19-26, 2011.

CHAVÉZ-JÁUREGUI, R.N.; SILVA, M.E.M.P.; ARÊAS, J.A.G. Extrusion cooking

process for amaranth (*Amaranthus caudatus* L.). **Journal of Food Science**, v. 65, n. 6, p. 1009-15, 2000.

CHAVEZ-JAUREGUI, R.N.; CARDOSO-SANTIAGO, R.A.; SILVA, M.E.M.P.; ARÊAS, J.A.G. Acceptability of snacks produced by the extrusion of amaranth and blends of chickpea and bovine lung. **International Journal of Food Science and Technology,** v. 38, p. 795-798, 2003.

CHÁVEZ-JÁUREGUI, R.N.; SANTOS, R.D.; MACEDO, A.; CHACRA, A.P.M.; MARTINEZ, T.L.; ARÊAS, J.A.G. Effects of defatted amaranth (*Amaranthus caudatus* L.) snacks on lipid metabolism of patients with moderate hypercholesterolemia. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, p. 1007-1010, 2010.

CHEEKE, P.R.; BRONSON, J. Feeding trials with amaranthus grain, forage and leaf protein concentrates. **Proceedings of the Second Amaranth Conference.** Rodale Press, Emmaus, p. 5-11, 1980.

CIVILLE, G.V.; SZCZESNIAK, A.S. Guidelines to training a texture profile panel. **Journal of Texture Studies,** v. 4, n. 2, p. 204-223, 1973.

COELHO, K. D. **Desenvolvimento e Avaliação da Aceitação de Cereais Matinais e Barras de Cereais à Base de Amaranto (*Amaranthus cruentus* L.)**. 2006. 89 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição Humana Aplicada) - Programa Interunidades em Nutrição Humana Aplicada, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

COELHO, L.M.; WOSICKI, G. Avaliação sensorial de produtos panificados com adição de farinha de bagaço de maçã. **Ciência e Tecnologia de Alimentos,** v. 30, n. 3, p. 582-588, 2010.

COHEN, J.C. Applications of qualitative research for sensory analysis and product development. **Food Technology**, v. 44, n. 11, p. 164-168. 1990.

CRONBACH, L.J. Coefficient alpha and the internal structure of the tests. **Psychometrika**, v. 16, n. 3, p. 297-334, 1951.

CZUBASZEK, A. The influence of ground amaranth seeds addition on the baking value of commercial wheat flour. **Zywnosc**, v. 9, n. 3, p. 101-111, 2002.

EL-DASH, A.; GERMANI, R. **Tecnologia de farinhas mistas:** uso de farinhas mistas na produção de bolos. Brasília: EMBRAPASPI, v. 7, 1994, 31 p.

EL-DASH, A. A.; CAMARGO C. R. O. **Fundamentos da tecnologia de panificação**. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio e Tecnologia, 1982. 400 p.

ESTELLER, M.S.; LANNES, S.C.S. Parâmetros Complementares para Fixação de Identidade e Qualidade de Produtos Panificados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos,** v. 25, n. 4, p. 802-806, 2005.

ESTELLER, M.S.; LIMA, A.C.O.; LANNES, S.C.S. Color measurement in hamburger buns with fat and sugar replacers. **Lebensmittel-Untersuch Technology** (Food and Science Technology), v. 39, p. 184-187, 2006.

GAMBUS, H.; GAMBUS, F. SABAT, R. The research on quality improvement of gluten free bread by amaranthus flour addition. **Zywnosc**, v. 9, n. 2, p. 99-112, 2002.

GIESE, J. Color measurement in foods as a quality parameter. **Food Tecnhnology**, v. 54, p. 62-63, 2000.

GRISWOLD, R.M. **The experimental study of foods. Boston** : Houghton Mifflin Company, 1962.

GUERRA-MATIAS, A. C.; ARÊAS, J. A. G. Glycemic and insulinemic responses in women consuming extrude amaranth (*Amaranthus cruentus* L.). **Nutrition Research,** v. 25, p. 815-822, 2005.

HYVÄRINEN, H.K.; PIHLAVA, J.M.; HIIDENHOVI, J.A.; HIETANIEMI, V.; KORHONEM, H.J.T.; RYHÄNEN, E.L.; Effect of processing and storage on the stability of flaxseed lignan added to bakery products. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, p. 48-53, 2006.

IDRIS, N.; ENBONG, M.S.; ABDULLCH, A.; CHENA, C.M.; HASSAR, H. Performance evaluation of shortenings based on palm oil and butterfat in yellow cake. **Fett/Lipid**, v. 98, p. 144-148, 1996.

ILO, S.; LIU, Y.; BERGHOFER, E. Extrusion cooking of rice flour and amaranth blends. **Food Science and Technology**, v. 32, n. 2, p. 79-88, 1999.

IRVING, D.W.; BETSCHART, A.A.; SAUNDERS, R.M.. Morphological studies on *Amaranthus cruentus*. **Journal of Food Science**, v. 46, p. 1170-74, 1981.

JARDIM, D.C.P.; GERMER, S.P.M. **Atividade de água em alimentos,** Campinas: Ital, 1997, p. 2-3.

JIMENEZ, P.R.; CORDERO, E.S. ***Amaranthus* spp em la alimentación xochimilca y su proyección em la alimentación básica**. In: Primer Seminario Nacional del Amaranto. Chapingo, Meexico, p. 56-64, 1986.

KOCER, D.; HICSASMAZ, Z.; BAYINDIRLI, A.; KATNAS, S. Bubble and pore formation of the high-ratio cake formulation with polydextrose as a sugar and fat-

replacer. **Journal of Food Engineering**, v. 78, p. 953-964, 2007.

KOVÁCS, E.T.; MARAZ-SZABO, L.; VARGA, J. Examination of the protein-emulsifier-carbohydrate interactions in amaranth based pasta products. **Acta Alimentaria Hungary**, v. 30, n. 2, . 173-187, 2001.

LEE, S.; INGLETT, G.E.; CARRIERE, C.J. Effect of Nutrim oat bran and flaxseed on rheological properties of cakes. **Cereal Chemistry**, v. 81, n.5, p. 637-642, 2004.

LEHMANN, J.W. Case history of grain amaranth as an alternative crop. **Cereal Foods World**, v. 41, n. 5, p. 399-410, 1996.

LEITÃO, R.F.F.; PIZZINATOO, A.; VITTI, P.; SHIROSE, I.; MORI, E.E.M. Estudos de duas cultivares de triticale e sua aplicação em produtos de massas alimentícias (macarrão, biscoito e bolos). **Boletim ITAL**, v. 21, p. 325-334, 1984.

MACFIE, H.J.; BRATCHELL, N. Designs to balance the effect of order of presentation and first-order carry-over effects in hall tests. **Journal of Sensory Studies**, v. 4, p. 129-148, 1989.

MARANGONI, A.L. **Potencialidade de aplicação de farinha de yacon (Polymnia sonchifolia) em produtos à base de cereais** . 2007. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Brasil.

MARCÍLIO, R.; AMAYA-FARFAN, J.; SILVA, M.A.A.P. Performance da farinha de amaranto na elaboração de biscoito tipo “cookie” para celíacos. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 8, n. 2, p. 175-181, 2005.

MARIOTTI, M.; LUCISANO, M.; PAGANI, M.A.; PERRY, K.W. The role of corn starch, amaranth flour, pea isolate, and Psyllium flour on the rheological properties and the ultrastructure of gluten-free doughs. **Food Research International,** v. 42, p. 963–975, 2009.

MEILGAARD, M. CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. **Sensory Evaluation Techniques** . 3 ed. Florida : CRC Press, 1999, 387 p.

MENDOZA, C.; BRESSANI, R. Nutritional and functional characteristics of amaranth flour. **Cereal Chemistry**, v. 64, n. 4, p. 218-222, 1987.

MENRAD, K. Market and marketing of functional food in Europe. **Journal of Food Engineering**, v. 56, p. 181-188, 2003.

MOHALLEN, D. **Impacto do consumo de cookies de amaranto (*Amaranthus cruentus* BRS-Alegria) e cookies de aveia, em horários estratégicos, no apetite de pessoas eutróficas e com sobrepeso** . 2006. Trabalho de Conclusão

de Curso - Faculdade de Nutrição, Universidade de Vila Velha, ES, Brasil.

MOLNAR, P.; TOTH, M.; BOROSS, M.F. Sensory evaluation of select fruit juices and nectars by a panel group and by consumers. **Food Control**, v. 3, n. 4, p. 213-217, 1993.

MONTEROS, C.J.; NIETO, C.C; CAICEDO, C.V; RIVERA, M.M.; VIMOS, C.N. Iniap alegria primeira variedad mejorada de amaranto para la sierra ecuatoriana. In: **Produccion y processamiento de quinua en Ecuador** . 1998. Disponível em: >http://www.idrc.ca> Acessado em 06 jul 2011.

MOSCATTO, J.A.; PRUDENCIO-FERRERIA, S.H.; HAULY, M.C.O. Farinha de yacon e inulina como ingredientes na formulação de bolo de chocolate. **Ciência e Tecnologia de Alimentos** , v. 24, n. 4, p. 634-640, 2004.

MOSKOWITZ, H.R. **Product testing and sensory evaluation of foods.** Westport: Food & Nutrition Press, 1983. 605 p.

MUELLER, D.J. **Measuring social attitudes: a handbook for researchers and practioners.** New York: Teachers College, 1986. 179 p.

MUÑOZ, A. M.; CIVILLE, V. G.; CARR, B. T. **Sensory Evaluation in Quality Control**. New York: Van Mostrand Reinhold, 1992. 240 p.

PATON, D.; LAROCQUE, G.M.; HOLME, J.; Development of cake structure: influence of ingredients on the measurement of cohesive force during baking. **Cereal Chemistry** , v. 58, p. 527-529, 1981.

PHILIPPI, S.T. **Tabela de composição de alimentos: suporte para decisão nutricional** . 2 ed. São Paulo: Coronário, 2002, 135 p.

PIGGOTT, J.R. Design questions in sensory and consumer science. **Food Quality Preferences** , v. 6, n. 4, p. 217-220, 1995.

PLACKETT, R.L.; BURMAN, J.P. The design of optimum multifactorial experiments. **Biometrika** , v. 33, n. 4, p. 305-325. 1946.

POLIGNANO, L. A. C.; DRUMOND, F. B.; CHENG, L. C. Mapa de preferência: Uma ponte entre marketing e P&D. In: **Congresso Brasileiro de Gestão do Desenvolvimento de Produto II** , 2000. São Carlos: Anais. p. 96-102.

PYLER, E. J.; GORDON, I. **Baking Science and Technology.** 4rd ed., v. 2: formulation and production. Kansas: Sosland Publishing Company, 2009. 137-166 p.

ROCHA, L.M. **Comparação dos efeitos produzidos pelo consumo do grão de**

amaranto (*Amaranthus cruentus* L.) e de aveia (Avena sativa) em parâmetros da síndrome metabólica. 2010. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade de Campinas, Campinas, Brasil.

RODRIGUES, M.I.; IEMMA, A.F. **Planejamento de experimentos e otimização de processos**. Campinas: Casa do Pão Editors, 2005, 326 p.

ROININEN, K.; LÄHTEENMÄKI, L.; TUORILA, H. An application of means-end chain approach to consumers' orientation to health and hedonic characteristics of foods. **Ecology of Food and Nutrition**, v. 39, p. 61-81, 1999.

ROININEN, K.; TUORILA, H.; ZANDSTRA, E.H.; DE GRAAF, C.; VEHKALAHTI, K.; STUBENITSKY, K.; MELA, D.J. Differences in health and taste attitudes and reported behavior among Finnish, Dutch and British consumers: a cross-national validation of the health and taste attitude scales (HTAS). **Appetite**, v. 37, n.1, p. 33-45, 2001.

SAS Institute Inc. **The SAS System for Windows (Statistical Analysis System)**, Versão 6.0, 2007, Cary, NC, USA.

SAUDERS, R.M.; BECKER, R. *Amaranthus*: a potencial food and fees resource. **Advances in Cereal Science and Technology**, v. 6, p. 357-396, 1984.

SCHIFFMAN, L.G.; KANUK, L.L. **Comportamento do consumidor.** 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000, 492 p.

SETSER, C.S.; RACETTE, E.L. Macromolecule replacers in food products. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 32, n. 3, p. 275-297, 1992.

SHEPHERD, R.; RAATS, M. Attitudes and beliefs in food habits. In: _____. **Food choice, acceptance and consumption**. Londo: Blackie Academic & Professional, 2001. p. 346-364.

SINDHUJA, A.; SUDHA, M.L.; RAHIM, A. Effect of incorporation of amaranth on the quality of cookies. **European Food and Research Technology,** v. 221, p. 597-601, 2005.

SINGHAL, R.M.; KULKARNI, P.R. Review: amaranth and under utilized resource. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 23, p. 125-139, 1988.

SPEHAR, C. R.; TEIXEIRA, D. L.; CABEZAS, W. A. R. L.; ERASMO, E.A.L. Amaranto BRS Alegria: alternativa para diversificar os sistemas de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 5, p.659-66, 2003.

SOARES, L.L.S.; DELIZA, R.; GONÇALVES, E.B. Escalas atitudinais utilizadas em

estudos de consumidor: tradução e validação para a língua portuguesa. **Alimentos e Nutrição**, v. 17, n. 1, p. 51-64. 2006.

STONE, H.; SIDEL, J.L. **Sensory Evaluation Practices**. 3 ed. San Diego: Elsevier Academic Press, 2004. 377 p.

TEIXEIRA, D.L.; SPEHAR, C.R.; SOUZA, L. A.C. Caracterização agronômica de amaranto para cultivo na entressafra no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n.1, p. 45-51, 2003.

TEUTONICO, R.A.; KNORR, D. Amaranth: composition, properties and applications of a rediscovered crop. **Food Technology**, v. 39, n. 4, p. 49-59, 1985.

TOSI, E.; RÉ, E.D.; MASCIARELLI, R.; CIAPPINI, M. Aplicatión de la técnica de lecho fluidizado a la producctión de rosetas de amaranto. **Alimentaria**, n. 269, p. 45-47, 1996.

TOVAR, L.R.; VALDIVA, M.A.; BRITO, E. Popping amaranth, state of the art. In: PAREDES-LÓPEZ, O. (Ed). **Amaranth: biology, chemistry and technology**. Boca Raton: CRC Press, 1994, p. 143-154.

TUROLA, L. B. **Desenvolvimento de bolo diet enriquecido com fibras: otimização do produto através de testes sensoriais afetivos.** 2002, Dissertação (Mestre em Alimentos e Nutrição) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, Brasil.

WESTAD, F.; HERSLETH, M.; LEA, P. Strategies for consumer segmentation with applications on preference data. **Food Quality and Preference**, v. 15, n. 7, p. 681-687, 2004.

WHEELER, E.L.; LORENZ, K.; STAFFORD, A.E.; GROSJEAN, O.K.; BETSCHART, A.A.; SAUNDERS, R.M. A composition study of amaranth grain. **Journal of Food Science**, v. 46, p. 1175-1180, 1981.

WU, H.; SUN, M.; YUE, S.; SUN, H.; CAI, Y.; HUANG, R.; BRENNER, D.;. CORKE, H . Field evaluation of an *Amaranthus* genetic resource collection in China. **Genetic Resources and Crop Evaluation**, v. 47, n. 1, p. 43-53, 2000.

CAPÍTULO 3

EFEITO DO CONSUMO DE AMARANTO EM GRÃO EXPANDIDO (*POPPED*) NA REGULAÇÃO DA DISLIPIDEMIA EM COELHOS HIPERCOLESTEROLÊMICOS

RESUMO

O amaranto é um pseudocereal com elevado valor nutricional, e apresenta potencial funcional devido ao seu efeito hipocolesterolemiante.

A pesquisa teve como objetivo avaliar o efeito do consumo do amaranto em grão expandido (*popcorn*) na regulação da dislipidemia induzida por dieta e, particularmente, na redução da hipercolesterolemia em coelhos. Foram utilizados 28 coelhos da raça New Zealand, alimentados com dieta hipercolesterolêmica por um período de 21 dias e divididos em 5 grupos: G1 - animais normocolesterolêmicos; G2 – animais hipercolesterolêmicos, dieta normal com amaranto; G3 – animais hipercolesterolêmicos, dieta hipercolesterolêmica com amaranto; G4 – animais hipercolesterolêmicos, dieta normal sem amaranto; G5 – animais hipercolesterolêmicos, dieta hipercolesterolêmica sem amaranto.

Ao final da indução da hipercolesterolemia pela dieta, foram dosados no plasma colesterol total e frações (HDL-c, Triacilglicerídeos, VLDL-c) e proteína C-reativa. Foi também verificado a excreção de colesterol e ácidos biliares nas fezes. Em segmentos de aorta dosou-se colesterol tecidual, a peroxidação lipídica tecidual e mediu-se a função endotelial utilizando-se curvas de concentração/ efeito com acetilcolina. Os valores mensurados dos dados dos coelhos foram obtidos em dois tempos (início e final) entre os cinco (5) grupos e avaliadas diferenças significativas por meio do teste ANOVA para medidas repetidas, seguida de teste de Tukey e de perfil por contrastes, adotando-se $p<0,05$. A análise comparativa dos dados dos coelhos obtidos em um único tempo (função endotelial) entre os cinco (5) grupos foi realizada através da análise de variância simples (Oneway ANOVA), seguida do teste de Tukey para comparações

múltiplas.

Após o término do período de experimentação, não foram observadas diferenças significativas quanto ao ganho de peso entre os grupos. Porém, quando avaliados os lipídeos séricos, foi observada efetiva redução dos níveis de colesterol total e fração LDL-c nos grupos G2, G3 e G4. O grupo G5 obteve aumento de colesterol, pois até o término da experimentação este grupo continuou a receber uma dieta hipercolesterolêmica sem amaranto. A fração HDL-c não apresentou aumento significativo em todos os grupos, quando comparada ao grupo G1, porém no grupo G5 houve um aumento significativo da HDL-c.

O aumento da excreção de colesterol nas fezes foi observado nos grupos G2 e G3, e com isso, podemos considerar que este resultado demostra o efeito hipocolesterolemiante da pipoca de amaranto nos coelhos. Neste estudo houve excreção de ácidos biliares nas fezes, entretanto, em todos os grupos não houve diferença significativa neste dado, assim como não houve mudanças significativas nos grupos em relação a Proteína C-reativa, no início e fim da experimentação.

Os resultados de colesterol tecidual apontam um aumento em todos os grupos, e a peroxidação lipídica se mostrou diminuída no grupo G3, porém não aos níveis do grupo G1. Os dados sobre o relaxamento máximo da parede do endotélio demostram que os valores dos grupos com amaranto (G2 e G3) reverteram esta disfunção aos níveis do G1, enquanto os demais, mantiveram a função endotelial significativamente reduzida.

Os dados deste estudo sugerem que o mesmo efeito hipocolesterolemiante já relatado em outros trabalhos realizados com amaranto em grão, em farinha ou extrusado, em diversos animais de experimentação, pode ser obtido também em coelhos, consumindo dietas hipercolesterolêmicas com pipoca de amaranto. Entretanto o efeito hipocolesterolemiante também foi observado em coelhos hipercolesterolêmicos consumindo uma dieta normocolesterolêmica sem amaranto.

Unitermos: amaranto; colesterol; aterosclerose; lípides plasmáticos; coelhos, colesterol tecidual, peroxidação lipídica.

ABSTRACT

Amaranth (*Amaranthus sp*.) is a high nutritive value pseudo-cereal also known for its functional property of lowering blood cholesterol. This study had the objective of evaluating the potential of puffed amaranth grain in regulating induced dyslipidemia, particularly with regard to hypercholesterolemia in adult rabbits.

Thirty New Zealand rabbits, weighing between 2.1 and 2.5 kg, were fed with a hypercholesterolemic diet for 21 days, and then divided into five groups: normocholesterolemic animals (G1), hypercholesterolemic fed with a normal diet + amaranth (G2), hypercholesterolemic animals fed with a hypercholesterolemic diet (G3), hypercholesterolemic animals fed with a normal diet without amaranth (G4), and hypercholesterolemic animals fed with a hypercholesterolemic diet without amaranth. At the end of the experiment, total blood cholesterol and its fractions, triacylglycerols and reactive-C protein were determined. LDL-c was estimated by the Friedwald formula. The fecal cholesterol and bile acids excretion were also determined. The aorta Tissue cholesterol and endothelial function based on concentration-effect with acetylcholine curves were determined. The measured data were collected at two different times (beginning and end) and analyzed by ANOVA, followed by the Tukey test and contrast profiling.

After 28 days, no differences were observed with regard to weight gain due to the diet, however decreases in serum of total- and LDL-cholesterol were found in groups G2, G3 and G4, while G5 continued to accumulate serum cholesterol. Nevertheless, the increases of HDL-c detected in groups G2 and G3 were not significant.

The substantial increases in cholesterol fecal excretion were consistent with the hypocholesterolemic effect of the puffed amaranth. The changes in both excreted bile acids and C-reactive protein were non-significant.

Determination of tissue cholesterol indicated that this parameter increased in all groups, while lipid peroxidation showed a decrease in G3, although not to the levels of the control G1. Data on the maximum relaxation of the endothelial walls demonstrated that the supplemented G3 reached levels comparable to those of

G1.

Taken together, these data suggest that supplementation of young adult rabbit's hypercholesterolemic diet with expanded amaranth grain can produce similar hypocholesterolemic effects as those already reported for rats, rabbits and hamsters, and that this effect is similar to the case of feeding the animals a normocholesterolemic diet without amaranth supplementation.

Key-words: amaranth; cholesterol; atherosclerosis; plasmatic lipids plasmáticos; rabbits; tissue cholesterol; lipid peroxidation.

1. INTRODUÇÃO

1.1 Dislipidemias

As dislipidemias são distúrbios metabólicos que alteram os níveis plasmáticos de lipoproteínas circulantes. Estas podem estar associadas a fatores genéticos e/ou ambientais, como tabagismo, sedentarismo, dieta incorreta e álcool (SBC, 2007). As dislipidemias se relacionam com a doença cardiovascular e a aterosclerose e são consideradas um problema em Saúde Pública (MOREIRA *et al*., 2006; BEVILACQUA *et al*., 2007).

A síntese de colesterol circulante é realizada no próprio organismo, a partir de ácidos graxos, sendo que somente 1/3 do colesterol circulante é fornecido pela dieta (STIPANUK, 2006). A homeostase do colesterol ocorre através da regulação das lipoproteínas de baixa densidade (LDL-c), que é uma das principais transportadores do colesterol endógeno. O aumento de LDL-c e do colesterol, que elas transportam, indica um quadro de risco para a gênese da aterosclerose (DIETSCHY, 1997). A redução do nível de colesterol plasmático tornou-se um dos principais objetivos na prevenção de doenças cardíacas coronarianas (VERSCHUREN *et al.,* 1995).

A associação entre dislipidemia e risco de morte tem sido estudada em estudos experimentais, epidemiológicos, ensaios clínicos e meta-análises. Um dos estudos de Framinghan nos Estados Unidos, em 1956, foi uma coorte onde se demostrou a importância dos fatores de risco para a doença aterosclerótica, entre outras (POLANCZIK, 2005).

Podemos citar como fatores de risco para eventos cardiovasculares a redução dos níveis plasmáticos de lipoproteínas de alta densidade (HDL-c), a elevação dos níveis plasmáticos de lipoproteínas de baixa densidade (LDL-c) e o aumento dos níveis de triglicerídeos (GIANNINI *et al*., 1992; SANTOS FILHO e MARTINEZ, 2002; XAVIER, 2004; MAGALHÃES *et al.*, 2004).

Nos últimos anos, têm-se intensificado os estudos para a identificação de outros fatores de risco implicados na patogênese das doenças

cardiovasculares. Estes fatores podem ser agrupados em fatores de hemostasia e trombogênese (homocisteína, fibrinogênio, lipoproteína “a” (Lpa) e a resistência à aspirina), e os marcadores séricos de inflamação (selectinas P e E, moléculas de adesão celular “CAMs”, fator de necrose tumoral alfa “TNF-α”, interleucina 6 “IL-6”, e proteína C-reativa “PCR” (OLIVEIRA e FARMER, 2003).

1.2 Aterogênese

A aterosclerose é uma doença inflamatória crônica de origem multifatorial que ocorre em resposta à agressão endotelial, acometendo principalmente a camada íntima de artérias de médio e pequeno calibre (SBC, 2007). O início da aterogênese é caracterizado pelo acúmulo focal de macrófagos, envolvendo resíduos de LDL-c e colesterol no espaço subendotelial do vaso. As LDL-c plasmáticas, na região da íntima arterial e em contato com radicais livres, sofrem oxidação por meio de substâncias quimioatratantes e induzem a migração de monócitos, consequentemente a fagocitose e formação das células espumosas, que representariam a alteração mais precoce e característica da aterosclerose (SCHWARTZ *et al*., 1991; JORGE, 1997).

Existem evidências de que as LDL-c adentram a célula endotelial por meio de um mecanismo de endocitose. As invaginações na membrana da célula endotelial (*coated pits*), onde se localizam os receptores da apoB100, se transformam em vesícula de endocitose, carreando as LDL-c para dentro da célula, onde são englobadas em lisossomas e hidrolisadas em fosfolipídeos, triglicérides, proteínas, colesterol, etc. e os receptores específicos reciclados até a membrana celular (SIMIONESCU e SIMIONESCU, 1988). O colesterol livre é utilizado na formação e recomposição da membrana celular ou armazenado sob a forma de ésteres de colesterol e aproximadamente 10 % de LDL-c alcançariam a região da íntima do vaso (SCHWARTZ *et al*., 1991; JORGE, 1997).

Com o aumento do colesterol, e consequentemente com o aumento da LDL-c, ocorreria em primeiro momento um aumento da endocitose das LDL-c por meio de receptores específicos, e em segundo momento haveria endocitose por

receptores inespecíficos, o que resultaria em uma aumento de concentração de LDL-c nativas no interior da célula endotelial (FURTADO *et al*., 2009). Devido a concentração de LDL nativas no interior da célula endotelial, ocorreria uma aumento no consumo de óxido nítrico (NO) e uma produção maior de radicais livres (JORGE, 1997).

O aumento de radicais livres ocasionaria uma peroxidação dos ácidos graxos das LDL-c e também a oxidação das proteínas apo B. Com a continuidade do processo, ocorrerá a formação de estrias gordurosas, que vão se expandir e modificar a estrutura natural da artéria, causando retração das células do endotélio e exposição do tecido conjuntivo subendotelial aos elementos sanguíneos, especialmente plaquetas (IHARA *et al*., 1997). As lesões avançadas podem sofrer complicações, como ruptura da superfície de placa com o desenvolvimento de hematoma ou hemorragia e trombose, porém a formação de trombo arterial sobreposto à placa rota é o maior responsável pela ocorrência de eventos agudos e letais da aterosclerose (DAVIES, 2000; FUSTER, 2000).

Mc Gill *et al.* (1965) apresentaram a história natural da aterosclerose, propondo a seqüência das lesões representativas da doença aterosclerótica, as quais seguem:

- estrias gordurosas (*fatty streaks*): lesões planas, de coloração amarelada, sob a forma de faixas com elevado teor de gorduras, consideradas as lesões mais precoces da aterosclerose;
- placas fibrosas ou fibrolipídicas: formações de consistência aumentada, elevadas na superfície da íntima diminuindo mais ou menos intensamente a luz do vaso;
- lesões complicadas: determinadas por distúrbios, como hemorragia, ulceração, trombose, calcificação na placa fibrosa, podendo levar à importantes manifestações clínicas, por reduzir ou interromper a circulação em diferentes órgãos como coração, cérebro , membros, etc.

As células espumosas e estrias gordurosas podem surgir na primeira década de vida, as lesões intermediárias, ateroma ou placas fibrosas (ou

fibrolipídicas) surgem a partir da terceira década de vida e o fibroateroma e as lesões complicadas, a partir da quarta década. Stary *et al.* (1995) classificaram as lesões de acordo com os tipos histológicos e esta classificação foi adotada pela American Heart Association Committee Vascular Lesion (Figura 1):

- tipo I: acúmulo de lipoproteínas na íntima, lípides em macrófagos, não ocorre dano tecidual visível, sendo que estas alterações só podem ser identificadas através de microscopia ou quimicamente;
- tipo II (estria gordurosa): acúmulo de lipoproteínas na íntima, lípides em macrófagos e em células musculares lisas, em quantidades suficientes que a tornem visíveis, mas não são identificados danos teciduais. Neste tipo de lesão, considera-se dois subtipos: IIa (capaz de evoluir e observa-se espessamento adaptativo) e IIb (menos susceptível a transformação, sendo resistentes à progressão e podem regredir);
- tipo III (pré-ateroma): apresenta as características do tipo II e depósitos extracelulares de lípides, observa-se dano e desordem tecidual;
- tipo IV (ateroma): alterações do tipo II a depósitos extracelulares de lípides formando um núcleo de gordura (*lipid core*), com acentuado dano estrutural da íntima;
- tipo V (fibroateroma): alterações encontradas no tipo IV, associadas ao desenvolvimento de camadas de colágeno e de células musculares lisas, que se deslocam sobre o núcleo de lípides (*lipid core*);
- tipo IV (lesões complicadas): alterações do tipo V, associadas à presença material trombótico e/ou hematoma e/ou erosão ou fissura. Considera-se tipo VIa: ocorrência de fissura ou erosão; tipo VIb: presença de hematoma ou hemorragia; e tipo VIc: constatação de trombo.

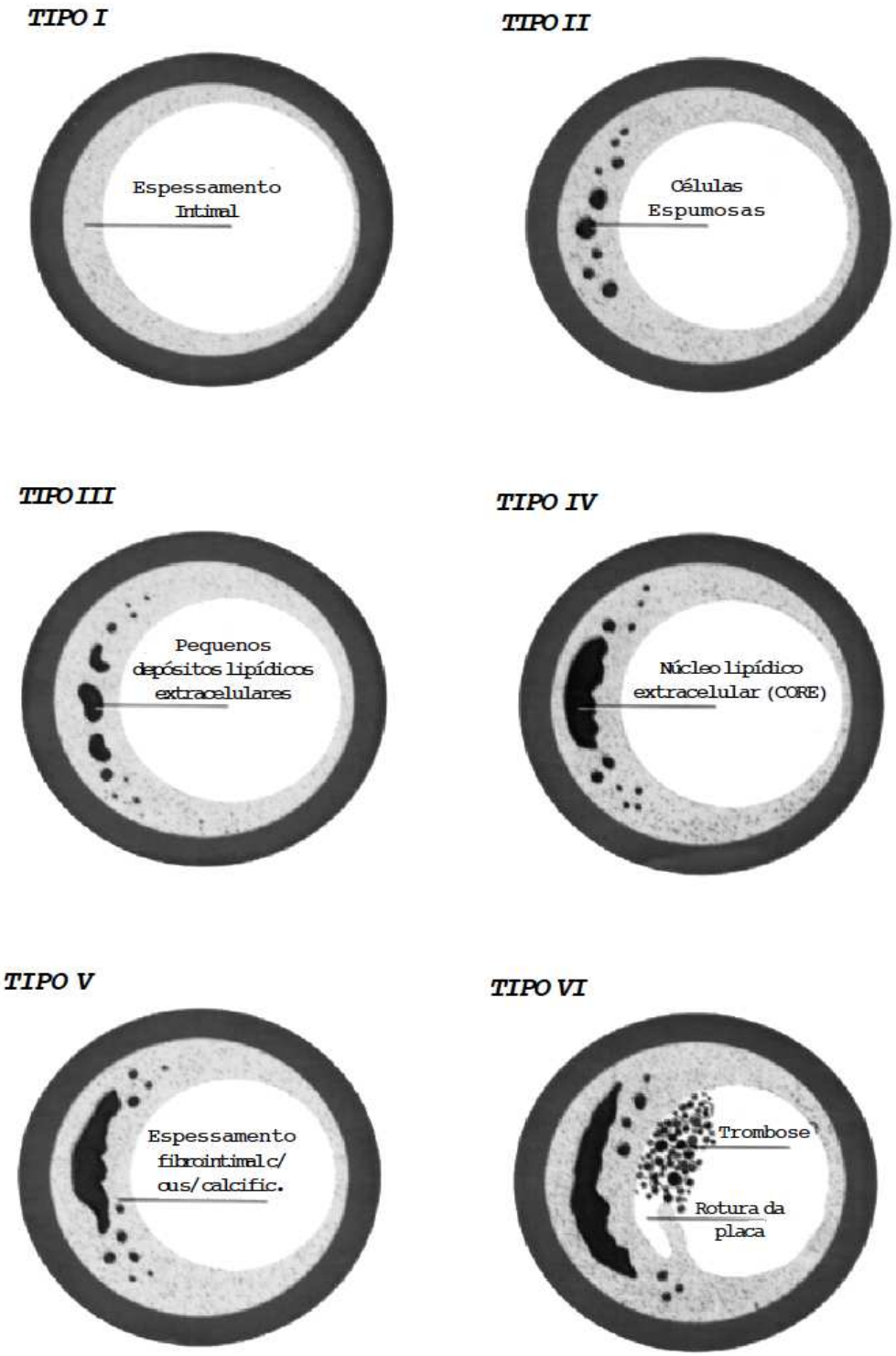


Figura 1: Tipos histológicos da placa de ateroma, segundo Stary *et al*. (1995).

Fonte: Modificado de Stary *et al*., Circulation 1995, v. 92, p. 1361-2

Fuster *et al.* (1994) elucidaram as síndromes coronarianas em suas relações com o tipo de lesão supostamente presente nas artérias. A história natural da aterosclerose apresenta duas fases: a primeira fase é silenciosa (sem sintomas), sendo representada por lesões dos tipos I (lesão inicial), II a (estria gordurosa com potencial evolutivo para ateroma) e II (pré-ateroma) e a segunda fase consiste na presença de lesões do tipo IV e V, não necessariamente estenótica, mas que por características próprias podem se tornar obstrutivas de forma aguda ou de forma crônica. Na forma aguda ocorrem fissuras e ruptura da capa que envolve a lesão, com imediata formação de trombo impedindo o livre fluxo sanguíneo, sendo que as placas ricas em gorduras estão sujeitas a sofrer este tipo de alteração com mais freqüência (placas instáveis). Nesta forma de evolução ocorrem eventos agudos como infarto do miocárdio ou morte súbita. Na forma crônica, a lesão se torna francamente fibrótica, com aumento de tamanho, e redução da luz do vaso, podendo chegar a um processo oclusivo total e podendo levar a uma angina estável, pela possível formação de circulação colateral ou, ainda, a um processo oclusivo silencioso (GIANNINI, 2000).

1.3 Efeito hipocolesterolemiante do amaranto

O efeito do amaranto sobre o metabolismo das lipoproteínas, no colesterol total e nos triacilgliceróis têm sido realizados em modelos animais variados, como ratos, hamsters, coelhos e aves (DANZ e LUPTON, 1992; QURESHI *et al.*, 1996; PLATE e ARÊAS, 2002; BERGER *et al.*, 2003; MENDONÇA *et al*., 2009) e também em humanos (GONOR *et al*., 2006; MOHALLEN 2006, MARTIROSYAN *et al.*, 2007, ROCHA, 2010).

Várias hipótese têm sido formuladas para justificar o efeito hipocolesterolemiante do amaranto, como o perfil de aminoácidos de sua proteína (BERGER *et al.,* 2003), a quantidade de fibras totais e solúveis (GRAJETA, 1997; PLATE e ARÊAS, 2002; MENDONÇA *et al.*, 2009), o teor de ácidos graxos insaturados (CHATUVERDI *et al*., 1993; CHAVEZ-JAUREGUI *et al*., 2000), a presença de fitoquímicos, como tocotrienóis (LEHMANN, 1996; QURESHI *et al.*,

1996), fitoesteróis (BERGER *et al.,* 2003; MARTIROSYAN *et al.,* 2007), tocoferóis e esqualeno (DANZ e LUPTON, 1992; LEHMANN, 1996; QURESHI *et al.*, 1996; SHIN *et al.*, 2004; *GONOR et al.,* 2006; KULAKOVA *et al.,* 2006; MARTIROSYAN *et al.,* 2007).

Algumas pesquisas que sugerem que a redução dos níveis do colesterol sérico pelo amaranto seja devida à presença de esqualeno ainda não conseguem explicar o mecanismo pelo qual este triterpenóide possa agir na inibição. O esqualeno, servindo de substrato para a enzima HMG-CoA redutase devia promover a biossíntese de colesterol no fígado (DANZ e LUPTON, 1992). Entretanto, Sawada *et al.* (2002) sugerem que a via sintética do colesterol seja bastante complexa, podendo os inibidores causarem tanto a hipo, como a hipercolesterolemia.

Chatuverdi *et al*. (1993), utilizando ratos, já demonstravam que uma dieta de amaranto era capaz de reduzir em 50% o colesterol total, em comparação à dieta controle, com caseína, concluindo que esta ação foi devido ao teor de ácidos graxos insaturados do amaranto.

Qureshi *et al.* (1996) pesquisaram a influência da suplementação de uma dieta contendo amaranto sobre a biossíntese de colesterol em galinhas durante seis semanas. O colesterol total e LDL diminuíram significativamente nos grupos alimentados com amaranto, entretanto não houve alterações nas concentrações de HDL-c. A atividade da enzima colesterol-7 -alfa-hidroxilase apresentou-se de 10 a 18% mais elevada no grupo experimental, em relação ao grupo controle, enquanto que a atividade no fígado da HMG-CoA redutase apresentou-se 9% menor. A pesquisa sugere que a inibição da HMG-CoA redutase, a qual resulta em menores níveis de colesterol, tenha sido devido à presença de alguns outros potentes inibidores da síntese do colesterol, sem determinar qual a substância específica para esta ação.

Lehmann (1996) relata que a hipocolesterolemia estaria associada a algum componente solúvel na fração lipídica do amaranto, sugerindo os tocotrienóis e o hidrocarboneto esqualeno como responsáveis.

Grajeta (1997), em estudo com ratos alimentados com farinhas de

amaranto integral e desengordurado, também observou redução significativa nas concentrações de colesterol sanguíneo e hepático, atribuindo o efeito hipocolesterolemiante à fração solúvel das fibras dietéticas presentes nas farinhas e que a capacidade da farinha de amaranto integral era similar à farinha de amaranto desengordurada .

Grajeta (1999) verificou o efeito do amaranto e do farelo de aveia no sangue e fígado de ratos. Os resultados mostraram que o amaranto e o farelo de aveia foram responsáveis pela diminuição significativa dos níveis de colesterol total no sangue e no fígado dos ratos, sendo que o farelo de aveia proporcionou uma diminuição maior em relação ao amaranto.

Plate e Arêas (2002) demonstraram que coelhos hipercolesterolêmicos alimentados com amaranto extrusado obtido da farinha desengordurada foi capaz de reduzir em 50% o LDL-c e o colesterol total, enquanto que o óleo de amaranto não foi tão eficiente quanto o extrusado de amaranto.

Em pesquisa realizada com hamsters por Berger *et al.* (2003), foi relatado que uma dieta contendo 20% de grãos de *Amaranthus cruentus* e perfazendo 5% de óleo de amaranto, causou diminuição do colesterol não-HDL. Nesse estudo, foi considerado que os fitoesteróis e a proteína do amaranto possuíam algum efeito hipocolesterolemiante.

Escudero *et al*. (2006) pesquisaram o efeito do concentrado protéico de *Amaranthus cruentus* (Ac) sobre a quantidade de lipídios no sangue e no fígado de ratos Wistar. Não foram observadas diferenças significantes no colesterol sérico total, mas houve uma diminuição dos níveis de LDL-c e um aumento nos níveis de HDL-c. Os resultados demonstraram que a proteína concentrada de amaranto tem um efeito hipotriacilglicerolemiante, afetando o metabolismo de lipídios no fígado e aumentando os indicadores da proteção antioxidante em ratos Wistar.

Shin *et al.* (2004) observaram o efeito do grão de amaranto, o óleo e o esqualeno em ratos alimentados com uma dieta semi-purificada contendo 1% de colesterol por quatro semanas e grão de amaranto ou óleo de amaranto, que foram substituídos nos grupos experimentais. Os pesquisadores concluíram que o

efeito hipolipemiante do esqualeno de amaranto pode aumentar a eliminação fecal dos esteróides e interferir na absorção do colesterol, e que diferentes fontes de esqualeno (vegetal versus animal) podem afetar o metabolismo de colesterol de modos diferentes.

Com relação ao efeito do esqualeno nas propriedades hipolipemiantes do amaranto, Gonor *et al*. (2006) pesquisaram a influência de uma dieta contendo óleo de amaranto sobre o perfil lipidêmico e o perfil de ácidos graxos eritrocitários. As dietas forneciam quantidades de esqualeno, de 100, 200, 400 e 600 mg por dia, sendo que a dieta contendo 600 mg apresentou mudanças positivas significativas nos níveis de colesterol e triacilgliceróis, assim como na composição de ácidos graxos das membranas dos eritrócitos de pacientes com isquemia cardíaca.

Kim *et al.* (2006a) e Kim *et al*. (2006b) investigaram o efeito da suplementação do óleo e grão de amaranto (*Amaranthus esculentus* L.) sobre a glicose sanguínea e perfil lipidêmico em ratos com diabetes induzida por estreptozotocina. Os resultados mostraram diminuição da glicose sanguínea, aumento dos níveis de insulina sérica, e melhora (diminuição) das enzimas AST (aspartato aminotransferase) e ALT (alanina aminotransferase), marcadoras da função hepática. Em adição, houve redução nos níveis de TBARS (substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico – índice de peroxidação lipídica e estresse oxidativo) no citosol hepático. As excreções fecais de colesterol, triacilgliceróis e ácidos biliares dos animais diabéticos que consumiram o grão e o óleo de amaranto, apresentaram-se sensivelmente aumentadas.

Kulakova *et al*. (2006) utilizaram ratos para verificar o efeito hipocolesterolemiante do óleo de amaranto. Esses autores confirmaram haver diminuição dos níveis de colesterol sanguíneo, porém, sem se registrar aumento do colesterol hepático. Foi observado aumento de esteróis na composição do fígado dos ratos, o que ocorreu provavelmente devido à presença de esqualeno no óleo de amaranto.

Martirosyan *et al.* (2007) mostraram que o óleo de amaranto pode reduzir a quantidade de colesterol no sangue, ajudando na redução da pressão arterial.

Sua ação benéfica foi máxima quando se utilizou a dosagem de 18 mL de óleo de amaranto por dia. O hidrocarboneto esqualeno e os fitoesteróis podem estar envolvidos neste mecanismo.

Mendonça *et al.* (2009) comprovaram que um isolado protéico de amaranto é também capaz de reduzir o colesterol total e LDL-c em hamsters, embora o mecanismo envolvido não tenha sido tratado pelos autores. A relação dos aminoácidos lisina/arginina explica parcialmente o mecanismo e somente a proteína íntegra tem efeito sobre a excreção do colesterol nas fezes.

Um dos possíveis mecanismos para a redução do colesterol plasmático é a ligação dos ácidos biliares pelas fibras dietéticas, principalmente as fibras solúveis e, consequentemente o seu aumento na excreção fecal. Os ácidos biliares são ácidos esteróides sintetizados pelo fígado a partir do colesterol e necessários para a digestão dos lipídios no intestino delgado. Após a junção com glicina ou taurina, eles são secretados no duodeno, ativamente reabsorvidos no íleo terminal e então transportados para o fígado através da via enterohepática por diferentes mecanismos (KAHLON e SHAO, 2004; KAHLON *et al*., 2005; DONGWSKI, 2007; KAHLON *et al*., 2007a).

No organismo o pool de ácidos biliares é limitado, quando não ocorre reabsorção, ocasionando o estímulo à conversão do colesterol plasmático e hepático em ácidos biliares adicionais (KAHLON e WOODRUFF, 2002; KAHLON e SHAO, 2004; KAHLON *et al*., 2005; DONGWSKI, 2007; KAHLON e SMITH, 2007; KAHLON *et al*., 2007a; KAHLON *et al*., 2007b). Este é um dos principais mecanismos hipocolesterolêmicos que ocorrem em humanos e animais hipercolesterolêmicos (DONGWSKI, 2007).

1.4 Modelo animais

Devido à importância da aterosclerose para o ser humano, pesquisadores utilizaram modelos animais na tentativa de correlacionar os fenômenos biológicos entre as espécies e transpor essas observações para o ser humano. Mas, dependendo do modelo animal utilizado, os efeitos de drogas e

dietas sobre as concentrações de lipídios apresentam limitações, como a falta de semelhança no perfil de lipoproteínas plasmáticas ou na atividade das enzimas regulatórias do metabolismo das lipoproteínas e do colesterol hepático (BADIMON *et al*., 1990, FAN *et al*., 1999; BROSSEAU e HOEG, 1999; ZHANG *et al*., 2009). Outra diferença seria entre o metabolismo lipídico, pois em humanos o colesterol circulante é carreado no plasma através das lipoproteínas de baixa ou muito baixa densidade (LDL-c e VLDL-c), enquanto em animais o colesterol plasmático é carreado através das lipoproteínas de alta densidade (HDL-c).

O porco seria um modelo animal que apresenta o metabolismo lipídico semelhante ao metabolismo lipídico dos humanos, mas devido ao seu tamanho, aos cuidados necessários e à grande quantidade de agente experimental para se obter efeito da dieta na hiperlipidemia, a sua utilização fica dificultada (PROCTOR e RUSSEL, 2006).

As galinhas são modelos experimentais utilizados também em estudos sobre metabolismo lipídico, sendo capazes de desenvolver aterosclerose espontânea e produzir aterosclerose após uma dieta hipercolesterolêmica. As lesões vasculares observadas em galinhas resultantes de uma dieta hipercolesterolêmica não apresentam diferenças das lesões vasculares observadas em humanos (WONG, 1975; GARCIA PEREZ *et al*., 2003). Este animal, por ser pequeno, é econômico e adequado para investigações prolongadas em laboratório (GARCIA PEREZ *et al.*, 2005; AYALA *et al*., 2009).

Os ratos são menores e constantemente usados como modelos experimentais, entretanto, o principal carreador de colesterol plasmático em ratos é a HDL-c, impossibilitando este modelo animal de ser adequado para verificar os efeitos da dieta no metabolismo lipídico (KOWALA *et al*., 1994). Porém em estudos recentes tem-se conseguido elevar as concentrações de colesterol em ratos, sendo que a hipercolesterolemia pode ser atingida com a adição de 1% de colesterol na dieta, possibilitando a sua utilização neste tipo de estudo (LIN *et al*., 2004; ZHANG *et al*., 2009).

Os hamsters são pequenos, hiper-responsivos ao colesterol da dieta, sendo a hipercolesterolemia mais facilmente induzida do que em ratos, embora

em hamsters a coleta de material biológico é menor. O perfil de lipoproteínas do hamster é semelhante ao coelho e parece-se mais com o dos humanos do que o de ratos e camundongos (BRAVO *et al*., 1989), sendo que carrega 50% do colesterol nas LDL-c, além de apresentarem receptores de LDL e a proteína carreadora de ésteres de colesterol e triglicérides, a CETP (*Cholesteryl Ester Transfer Protein*) (NISTOR *et al*., 1987).

O coelho é a espécie mais utilizada em pesquisas sobre metabolismo de lipoproteínas e susceptibilidade para aterosclerose, devido ao rápido desenvolvimento da lesão aterosclerótica (DALEY *et al*., 1994), tem vários aspectos similares aos dos humanos em relação ao metabolismo de lipoproteínas , como lipoproteínas contendo apoB similares àquelas vistas em humanos (CHAPMAN, 1980), fígado com capacidade de produzir VLDL contendo apo B-100, como em humanos (GREEVE *et al*., 1993) e abundância de proteína de transferência de ésteres no plasma (NAGASHIMA *et al.*, 1988). Os coelhos rapidamente desenvolvem a hipercolesterolemia induzida por dieta (VAHOUNY *et al.*, 1985; BROSSEAU e HOEG, 1999), entretanto, não apresentam lipase hepática (MOGHADASIAN *et al*., 2001) e apoproteína AII (Apo-AII), que representam um papel importante na homeostase do colesterol e transportam a maior parte do colesterol na fração VLDL-c (BADIMON *et al*., 1990, FAN *et al*., 1999; BROSSEAU e HOEG, 1999). Quando comparados aos outros modelos experimentais, o coelho requer um espaço maior e quantidades altas de dietas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do consumo do amaranto expandido (*popped*) na regulação da dislipidemia induzida por dieta e, particularmente, na redução da hipercolesterolemia em coelhos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Pipoca de amaranto

A pipoca utilizada foi originária da Bolívia, importada da empresa Irupana Andean Organic Food, variedade *Amaranthus Caudatus,* adquirida na zona cerealista de São Paulo.

A literatura não apresenta referência sobre a dose de pipoca de amaranto a ser administrada aos coelhos. Estabelecemos, de forma empírica, a dose de 5 g, que corresponde a 0,66 g de proteínas. Esta dose foi bem aceita pelos animais, sem qualquer reação adversa.

A pipoca de amaranto foi oferecida após a indução da hipercolesterolemia para os grupos específicos, na quantidade de 5 g trituradas por moedor Analytical Mell. Foram administradas na forma de gavagem, uma vez ao dia, e diluídas em 30 ml de água, aspiradas por uma seringa de 10 ml, conectadas a uma sonda nasogástrica nº 10. Este procedimento foi realizado com a finalidade de se certificar a ingestão total da pipoca de amaranto pelos animais.

2.2 Material

O colesterol ultrapuro (código 967) foi obtido da empresa Vetec Química Fina Ltda (RJ, Brasil) e a gordura de coco foi obtida da empresa Cargill Brasil.

Os kits enzimáticos para a determinação de colesterol CAT Nº (01400) foram adquiridos do Laboratório Laborlab (SP, Brasil) e o kit de Triglicerídeos MONO CAT (10726) foi obtido da IN VITRO Diagnóstica (MG, Brasil), reativo precipitante para separar a HDL-c CAT Nº (02300) obtido do Laboratório Laborlab (SP, Brasil), kit de Proteína C-reativa em coelhos ELISA adquirido da empresa Genese Produtos Diagnósticos Ltda (SP, Brasil).

Os sais e reagentes utilizados na quantificação de colesterol tecidual, peroxidação lipídica e função endotelial foram obtidos da empresa Merck (SP, Brasil). A acetilcolina, noradrenalina e nitroprussiano de sódio foram obtidos da Empresa Sigma (USA).

2.3 Ensaio biológico

Este protocolo experimental foi previamente aprovado pela Comissão de Ética em Experimentação Animal do Instituto de Biologia da UNICAMP, sob o número 2100, de 08/03/2010. (ANEXO 3)

O experimento foi realizado de acordo com as normas do US National

Institute of Health para uso de animais em laboratório (Publication nº 85+23, 1985).

Foram utilizados 28 coelhos machos da raça Nova Zelândia, com dezesseis semanas de idade, peso inicial de 2100 a 2500 g, adquiridos da Granja Grota Azul, Paulínia, SP. Os animais foram randomizados e colocados em gaiolas, separados individualmente e submetidos ao tratamento. Os animais receberam dieta e água *ad libitum* e foram pesados semanalmente para registrar as variações de peso e crescimento.

Os coelhos foram mantidos em temperatura entre 20º C e 22 º C e período de luz de 12 horas, no Biotério do Núcleo de Medicina e Cirurgia Experimental da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas/UNICAMP.

Os animais foram divididos em 5 grupos e submetidos aos seguintes tratamentos:

- Grupo normocolesterolêmico (G1): n = 5;
- Grupo hipercolesterolêmico, dieta normal com amaranto (G2): n = 6;
- Grupo hipercolesterolêmico, dieta hipercolesterolêmica com amaranto (G3): n = 7;
- Grupo hipercolesterolêmico, dieta normal sem amaranto (G4): n = 4;
- Grupo hipercolesterolêmico, dieta hipercolesterolêmica sem amaranto (G5): n = 6.

A dieta padrão utilizada, não hipercolesterolêmica, foi ração comercial (Nutricoelho, Purina®, Brasil), sendo que cada 100 g de ração foi composta de proteínas 20%, carboidratos 45%, fibras 16%, gordura 5% e cinzas 14%. Durante o período de adaptação de 7 dias, foi fornecida a todos os animais a dieta da marca Purina. A dieta não hipercolesterolêmica foi fornecida ao grupo normocolesterolêmico (G1), enquanto os outros grupos de animais foram submetidos à dieta hipercolesterolêmica com a adição de 0,5% de colesterol e 10% de gordura de coco, proporcionando a adição de 70% de ácidos graxos saturados, 17% de monoinsaturados e 13% de polinsaturados. A suplementação foi feita dissolvendo 5 g de colesterol em 100 g de gordura de coco aquecida e

misturada com 1 kg de ração até que os “pellets” absorvessem completamente os lipídeos (JORGE *et al*., 1998). A dieta foi preparada semanalmente.

Decorridos os 28 dias da indução de hipercolesterolemia pela dieta, os coelhos foram divididos em 5 grupos e a ração de indução foi substituída pela dieta de base e acrescida de 5 g de pipoca de amaranto para os grupos específicos experimental, sem um período inicial de adaptação (Figura 2).

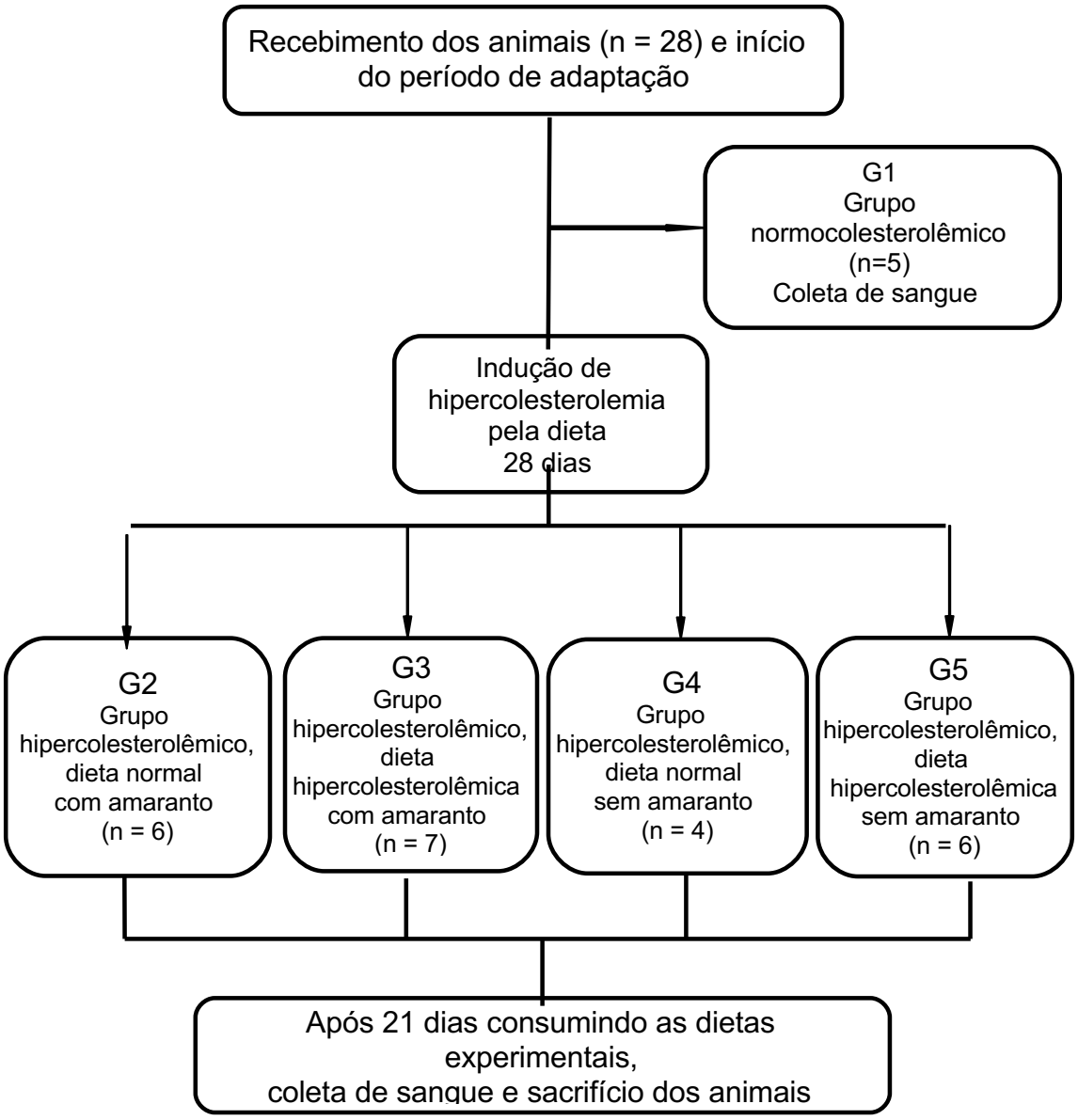


Figura 2: Fluxograma do ensaio experimental.

2.4 Coleta de material biológico

2.4.1 Colesterol plasmático e frações

As dosagens foram realizadas no Núcleo de Medicina e Cirurgia Experimental da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas/UNICAMP, sendo realizada pela técnica do laboratório.

As coletas de sangue e o sacrifício dos animais foram realizados após jejum médio de 16 horas. No início do experimento coletou-se sangue via veia marginal da orelha, para obter o valor do colesterol total inicial. Ao final do experimento, os animais foram submetidos a eutanásia por excesso de anestésicos em uma solução de 20 mg/kg de peso de tiopental sódico (Aspen Pharma®), 25mg/kg de peso de ketamina (Ketalar, Pfizer®), associada a 5 mg/kg de peso de cloridrato de xilazina (Rompun, Bayer®). na razão de 1 mg/kg de peso e 10 mg/kg de peso, respectivamente, e tiveram o sangue coletado por punção cardíaca e armazenados em tubos contendo EDTA-dissódico, para evitar coagulação e oxidação. As amostras de sangue foram centrifugadas por 15 minutos, na primeira hora da coleta, a 1.500xg sob temperatura ambiente e o plasma foi separado para análises posteriores. Todas as análises foram feitas em duplicata e calculada a média entre as mesmas.

A dosagem do colesterol foi determinada pelo método enzimático, cujo princípio baseia-se na hidrólise do colesterol e ésteres de colesterol que estão acopladas a uma reação de cor, monitorada a 500nm. Para 10 µl de plasma, foi adicionado 1 ml de reativo, incubando-se a 37ºC por 5 minutos, sendo utilizado como padrão uma concentração de colesterol de 200 mg/dL. Após, foi feita leitura em espectrofotômetro (modelo Genesys 10uv, marca Spectronic, USA) no comprimento de onda de 500nm.

A dosagem de triacilgliceróis foi realizada usando kit enzimático, cujo princípio do método baseia-se na hidrólise que libera o glicerol o qual é demonstrado por reação de cor, com leitura a 500nm. Utilizou-se como padrão uma solução de glicerol, correspondente a 100 mg/dL de triacilgliceróis. Para 10

µl de amostra, foi adicionado 1 ml de reativo, incubando-se a 37ºC por 5 minutos.

A dosagem de HDL-c foi obtida através de kit enzimático, cujo princípio se baseia na precipitação de VLDL-c, LDL-c e quilomícrons pela reação do ácido fosfotungístico com o cloreto de magnésio.

A fração VLDL-c foi determinada dividindo-se o valor de triglicerídeos por 5 e a fração LDL-c foi estimada pela fórmula de Friedewald expressa por: LDL-c = Colesterol total – HDL-c– Triglicerídeos/5 (FRIEDEWALD *et al.,* 1972).

2.4.2 Proteína C-reativa

A PCR foi dosada em soro pelo método de imunonefelometria, por concentração de partículas, em nefelômetro Array 360 da marca Beckman instruments, Ine., modelo 4480, utilizando-se o reagente N de PCR de alta sensibilidade (Siemens). A sensibilidade do método é de 0,01 ng/ml. As dosagens foram realizadas no Núcleo de Medicina e Cirurgia Experimental da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas/UNICAMP, sendo realizada pela técnica do laboratório.

O procedimento do ensaio foi realizado, primeiramente removendo a tampa da microplaca, após deixar em temperatura ambiente. Os poços foram cobertos, lavados e descartados por três vezes e, em seguida, a placa foi colocada para baixo em um papel toalha, para remoção do excesso de tampão. Em seguida, foi pipetado 50 µl da solução padrão para preparar a curva padrão. A placa foi agitada durante 10 a 15 segundos e incubada por 1 hora a temperatura ambiente (20-25ºC). A mistura da reação, após esse período, foi descartada, e houve a lavagem como descrito anteriormente. Em seguida foi pipetada 50 µl de HRP-conjugado anti CRP em todos os poços. Foi agitado novamente por 10 a 15 segundos e incubada por 1 hora em temperatura ambiente (20- 25ºC). Descartou-se a reação e lavou-se novamente como descrito anteriormente. Em seguida, foi pipetado 50 µl de substrato cromogênico e agitado por 10-15 segundos. A placa foi deixada com o substrato por 30 minutos a temperatura ambiente. Houve a adição de 50 µl de reagente para parar (H) em todos os poços e agitação por 10 a 15

segundos. Em seguida, foi medida a absorbância de cada poço a 450 nm (sub-wave leght, 620 nm), após 30 minutos.

2.4.3 Colesterol nas fezes

As fezes foram coletadas em dois tempos diferentes (t0/t1), durante os três dias anteriores à coleta de sangue . Os animais foram alojados em gaiolas suspensas, sendo que foi colocada uma caixa logo abaixo, coberta por uma tela de aço que permitia que a urina passasse enquanto as fezes ficavam retidas. As fezes foram acondicionadas em frascos de polietileno, e submetidas à secagem durante 48-72 horas em estufa com circulação de ar, com temperatura de 45-50ºC. Após este período as fezes foram pesadas e armazenadas a -20ºC até análise.

O colesterol nas fezes foi determinado por um método utilizado anteriormente por Bragagnolo e Rodrigues-Amaya (1997), com pequenas modificações, através de cromatografia líquida de alta eficiência – CLAE (cromatógrafo SHIMADZU CORPORATION, modelo Prominence), detector de arranjo de diodos SPD-M20A, no comprimento de onda 210 nm, utilizando coluna RP-C18 (12,5 x 4,6 mm). A fase móvel utilizada foi a mistura dos eluentes acetonitrila/ isopropanol (90/10). O volume injetado de amostra foi de 50 µL, em temperatura ambiente, com fluxo de 1,5 mL/min. O colesterol foi cromatograficamente identificado pela comparação dos tempo de retenção com os dos padrões e quantificados usando as áreas dos picos encontrados. As análises foram realizadas em duplicatas.

2.4.4 Ácidos biliares nas fezes

Os ácidos biliares foram extraídos segundo VAN DER MEER *et al*. (1985). As fezes dessecadas foram extraídas com tert-butanol a 50% por 15 minutos a 37ºC, seguida de centrifugação a 10.000 g/2 minutos (modelo 3-18-K-Sigma Laborzentrun, Germany).

A quantificação foi realizada através de kit enzimático colorimétrico

DZ042A (Dyazime, San Diego/USA). Na presença de TioNAD, a enzima 3-alpha-hidroesteroide desidrogenase (3-alpha HSD) converte os ácidos biliares a 3-ceto-esteróides e TioNADH. A taxa de formação de TioNADH é determinada pela mudança de absorbância a 405 nm, mensurada entre 60 e 120 minutos de reação. A leitura foi realizada em espectrofotômetro UV-visível (UV1650-PC Shimadzu-Scientific Instruments Inc Japan). As determinações de ácidos biliares nas fezes foram realizadas em triplicatas.

2.4.5 Quantificação do colesterol tecidual

No final do experimento, após o sacrifício, foi retirada a aorta torácica. O colesterol em anéis de aorta foi medido de acordo com o método de Naito e David (1984). Inicialmente, fragmentos de aorta foram secos, macerados e homogeneizados a 4ºC em 5 ml de 0.13M tampão TRIS HCl (pH 7,4) acrescido de 0,01 $NaNO_3$. Após, foi acrescentado clorofórmio e metanol na proporção (2:1 vol/ vol) contendo 0.001% de hidroxitolueno butilado, como antioxidante. Em seguida, foi deixado em temperatura ambiente por 24 horas e o sobrenadante foi retirado e seco em nitrogênio líquido.

2.4.6 Peroxidação lipídica

A peroxidação lipídica tecidual foi medida em segmento da aorta para a verificação da quantidade de malondialdeído (MDA), segundo a técnica de Buege e Aust (1978). Utilizou-se o ácido tricloroacético (TCA) na quantidade de 1g de tecido acrescido de 10vol TCA a 20%) para fazer a homogeneização e desproteinização. Após a centrifugação, foi acrescentado uma mistura de TCA a 25% com ácido tiobarbitúrico a 75% para a identificação de MDA e aquecimento a 100% por 20 minutos. A concentração de malondialdeído (MDA) foi medida em espectrofotômetro, calculada pela absorvância de 532 nm, utilizando-se um coeficiente de extinção de $1,49 \times 10^{-5}$ expresso em mol/mg de tecido x 10^{-7}.

2.4.7 Função endotelial

Segmentos de aorta torácica, próximos ao arco aórtico, foram obtidos com 5 mm de comprimento, tomando-se especial cuidado para manter intacto o endotélio e suspensos através de 2 clipes de aço, em uma cuba e a um transdutor de força. A cuba continha 6 ml de solução de Krebs Henseleit com a seguinte composição (mmol/l): NaCl, 113; KCl, 4,74; $CaCl_2$, 1,9; $NaHCO_3$, 25,0; $MgSO_4$, 0,44; KH_2PO_4, 1,18; EDTA, 0,03; $C_6H_{12}O_6$, 11,0 e aerada continuadamente com 95% de O_2 a pH 7,4 (FURCHGOTT e ZAWADSKI, 1980; RIBEIRO JORGE *et al*., 1994). Os resultados foram traçados no registrador de eventos fisiológicos (Registrador Narcotrace 40). A tensão basal ótima foi determinada submetendo-se os fragmentos a diferentes tensões mecânicas e contraídos à mesma dose de noradrenalina (10^{-7}M).

A tensão basal ótima foi aquela que apresentou melhor resultado comprimento/tensão, assim como melhor relaxamento à acetilcolina.

Os segmentos da aorta foram deixados em equilíbrio na solução de Krebs Henseleit, pelo período de 1 hora, trocando-se a solução a cada 20 minutos. Todos os anéis foram contraídos pela noradrenalina (10^{-7}M).

Depois que a contração alcançou um platô, a acetilcolina foi acrescentada de forma acumulativa (10^{-8} a 10^{-5}M) para obter-se a curva de concentração-efeito, após o fragmento ter sido lavado diversas vezes com a solução de Krebs Henseleit. Depois de um período de 30 minutos, os anéis de aorta foram contraídos com noradrenalina (10^{-7}M) e outras curvas de concentração-efeito foram obtidas com nitroprussiano de sódio para verificar a integridade da musculatura lisa da camada média arterial.

2.5 Estatística

A análise comparativa dos dados dos coelhos foram obtidos em dois tempos (início e final) entre os cinco (5) grupos através da ANOVA para medidas repetidas, seguida de teste de Tukey e de perfil por contrastes.

A análise comparativa dos dados dos coelhos na verificação do relaxamento da aorta, foram obtidos em um único tempo entre os cinco (5) grupos através da análise de variância simples (Oneway ANOVA), seguida do teste de Tukey para comparações múltiplas.

Para descrever o perfil da amostra segundo as variáveis em estudo, foram feitas estatísticas descritivas das variáveis contínuas (parâmetros antropométricos, exames bioquímicos) incluindo média, desvio padrão, valores mínimo e máximo, mediana e quartis (MILLIKEN e JOHNSON, 2008; MONTGOMERY, 2004).

Para comparação das variáveis numéricas entre os 2 grupos e entre as 3 avaliações, foi utilizada a análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas para um experimento do tipo *crossover*, seguida do teste de comparação múltipla de Tukey para comparar os grupos em cada momento, e o teste de perfil por contrastes para analisar a evolução entre os tempos, em cada grupo (CONOVER, 1998). Devido à ausência de distribuição normal, as variáveis foram transformadas em postos (*ranks*). O nível de significância adotado para os testes estatísticos foi de 5%, ou seja, $p<0,05$.

Para análise estatística foi utilizado o seguinte programa computacional: The SAS System for Windows (Statistical Analysis System), versão 8.02. (SAS, 2001; KHATTREE e NAIK, 1999).

3. RESULTADOS

3.1 Características dos animais

No final do experimento, os coelhos de todos os grupos, tiveram aumentos de peso semelhantes. A dieta hipercolesterolêmica foi bem aceita, assim como a dieta com a pipoca de amaranto diluída, ingerida na quantidade de 30 ml, acrescida de 5 g de pipoca de amaranto moída.

A Tabela 1 apresenta as estatísticas descritivas das variáveis para caracterização da amostra total de coelhos.

Tabela 1: Análise descritiva das variáveis numéricas dos coelhos (n = 28), nos grupos 1 a 5, em valores médios e desvios-padrão.

Variáveis	N	Média	D.P.	Minimo	Máximo
Peso 0 (g)	28	2323,20	126,55	2100,00	2500,00
Peso 1 (g)	28	3201,80	240,89	2800,00	3600,00
Colesterol 0 (mg/dl)	28	529,41	332,57	43,57	1632,40
Colesterol 1 (mg/dl)	28	377,37	326,35	48,95	1410,10
LDL-c # (mg/dl)	28	309,79	283,85	8,90	1210,20
HDL-c # (mg/dl)	28	43,21	44,50	10,48	172,19
TG # (mg/dl)	28	113,29	24,56	74,41	149,38
VLDL-c # (mg/dl)	28	22,66	22,66	14,88	29,87
PCR # (mg/L)	28	163,37	120,03	3,36	372,46
Colesterol fezes 0 (mg/kg, materia seca)	28	424,85	364,30	8,40	1488,10
Colesterol fezes 1 (mg/kg, matéria seca)	12	420,89	339,59	18,33	1042,40
Ácido deoxidocolico 0 (mcg/mg, matéria seca)	26	3,43	3,37	0,06	11,81
Ácido deoxidocolico 1 (mcg/mg, matéria seca)	12	5,33	4,85	0,09	17,95
Ácido lilocolico 0 (mcg/mg, matéria seca)	26	0,27	0,22	0,00	0,72
Ácido lilocolico 1 (mcg/mg, matéria seca)	12	0,44	0,47	0,04	1,62
Ácido quenocolico 0	26	0,12	0,09	0,04	0,38
(mcg/mg, matéria seca)	12	0,20	0,14	0,06	0,52
Ácido quenocolico 1 (mcg/mg, matéria seca)1					
Col. Tec. # (mg/g)	28	27,12	9,64	12,65	45,71
Per.Tec # (nmol/g)	28	4,85	1,86	2,32	9,53
RelMax # (%)	28	71,12	18,50	40,00	94,40

Colesterol total e demais parâmetros dosados por ocasião do sacrifício dos animais. LDL-c: lipoproteína de baixa densidade; HDL-c: lipoproteína de alta densidade. TG: triglicérides. PCR: proteína C-reativa; Per.Tec: peroxidação lipídica tecidual; RelMax: relaxamento máximo dependente do endotélio. Os valores são expressos como média e desvio padrão, considerando-se *p<0,05 em relação a G1.

A tabela 2, a seguir, apresenta as estatísticas descritivas das variáveis e a comparação das medidas entre os 5 grupos de coelhos.

Tabela 2: Análise descritiva e comparativa das variáveis contínuas entre o cinco grupos.

Variável #	G1 (n=5)		G2 (n=6)		G3 (n=7)		G4 (n=4)		G5 (n=6)	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
Peso 0 (g)	2270,00	171,76	2325,00	108,40	2292,90	97,59	2362,50	179,70	2375,00	108,40
Colesterol 0 (mg/dl)	57,27	9,81	772,82	438,13	559,75	117,78	593,93	220,98	601,05	233,40
LDL-c (mg/dl)	24,82	17,87	202,18	99,66	308,40	111,84	200,16	55,27	729,61	303,03
HDL-c (mg/dl)	20,64	4,48	26,89	28,54	26,89	15,92	19,11	5,87	13,64	43,71
TG (mg/dl)	92,76	15,62	120,02	20,06	108,33	26,92	102,03	26,61	136,98	9,01
VLDL-c (mg/dl)	18,55	3,12	24,01	4,01	21,68	5,38	20,41	5,32	27,39	1,80
PCR (mg/L)	260,55	129,44	147,77	99,13	145,61	104,37	28,84	33,99	208,39	117,09
Col.fezes 0 (mg/ Kg)	100,57	62,94	830,49	488,12	550,66	180,01	172,36	116,74	310,99	137,02
Ác. Deoxidocolico (mcg/mg)	2,70	2,58	6,30	4,12	4,33	3,22	1,14	0,91	0,77	0,15
Ác. Lilocolico (mcg/ mg)	0,15	0,19	0,38	0,27	0,39	0,19	0,21	0,17	0,11	0,08
Ác. Quenocolico (mcg/mg)	0,11	0,10	0,16	0,08	0,14	0,12	0,08	0,03	0,07	0,03
Col. Tec. (mg/g)	15,67	2,36	29,57	9,46	23,17	5,98	27,21	5,58	38,78	4,75
Per. Tec. (nmol/g)	4,06	0,29	4,15	1,27	3,51	0,71	4,54	0,19	7,97	0,95
RelMáx (%)	89,82	2,50	74,63	12,89	83,13	8,86	55,50	15,70	48,33	6,83

Colesterol total e demais parâmetros dosados por ocasião do sacrifício dos animais. LDL-c: lipoproteína de baixa densidade; HDL-c: lipoproteína de alta densidade. TG: triglicérides. PCR: proteína C-reativa; Col. Tec.: colesterol tecidual na aorta; Per.Tec: peroxidação lipídica tecidual ; RelMax: relaxamento máximo dependente do endotélio.

Pelos resultados apresentados nos gráficos (Figura 3), verificou-se diferença significativa entre os grupos para: colesterol 0 (maiores valores nos grupos G2, G3, G4 e G5), LDL-c # (maiores valores nos grupos G2, G3, G4 e G5), HDL-c # (maiores valores no grupo G5), TG # e VLDL-c # (maiores valores no grupo G5), PCR # (maiores valores no grupo G1), colesterol fezes 0 (maiores valores nos grupos G2 e G3), ácido deoxidocólico 0 (maiores valores no grupo G2), Colesterol Tecidual (maiores valores nos grupos G2, G4 e G5), Peroxidação Tecidual (maiores valores nos grupos G4 e G5), e Relaxamento Máximo (maiores valores nos grupos G1, G2 e G3).

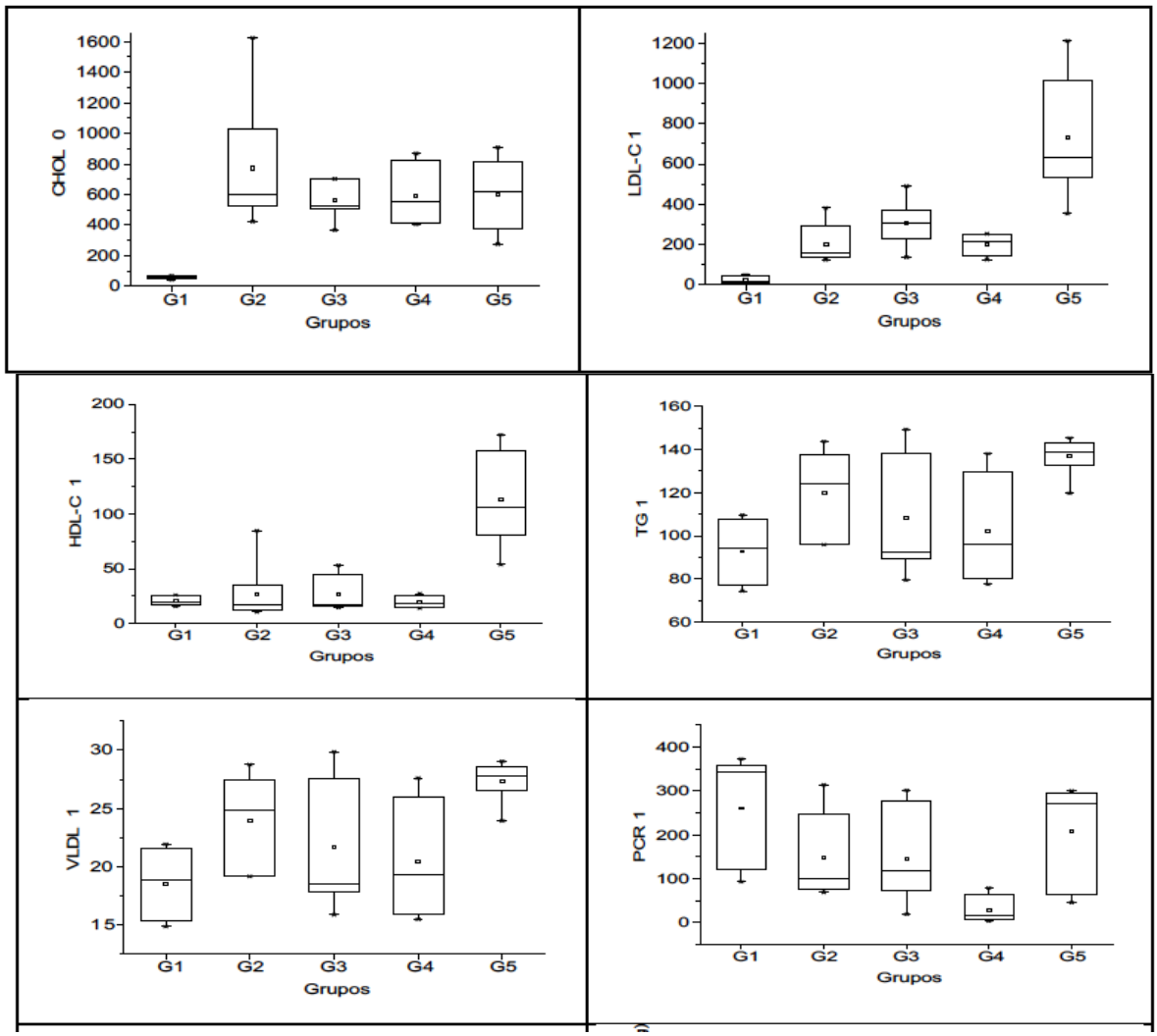


Figura 3: Evolução das variáveis colesterol, LDL-c, HDL-c,triglicérides, VLDL-c, PCR, entre os cinco grupos de seguimento.

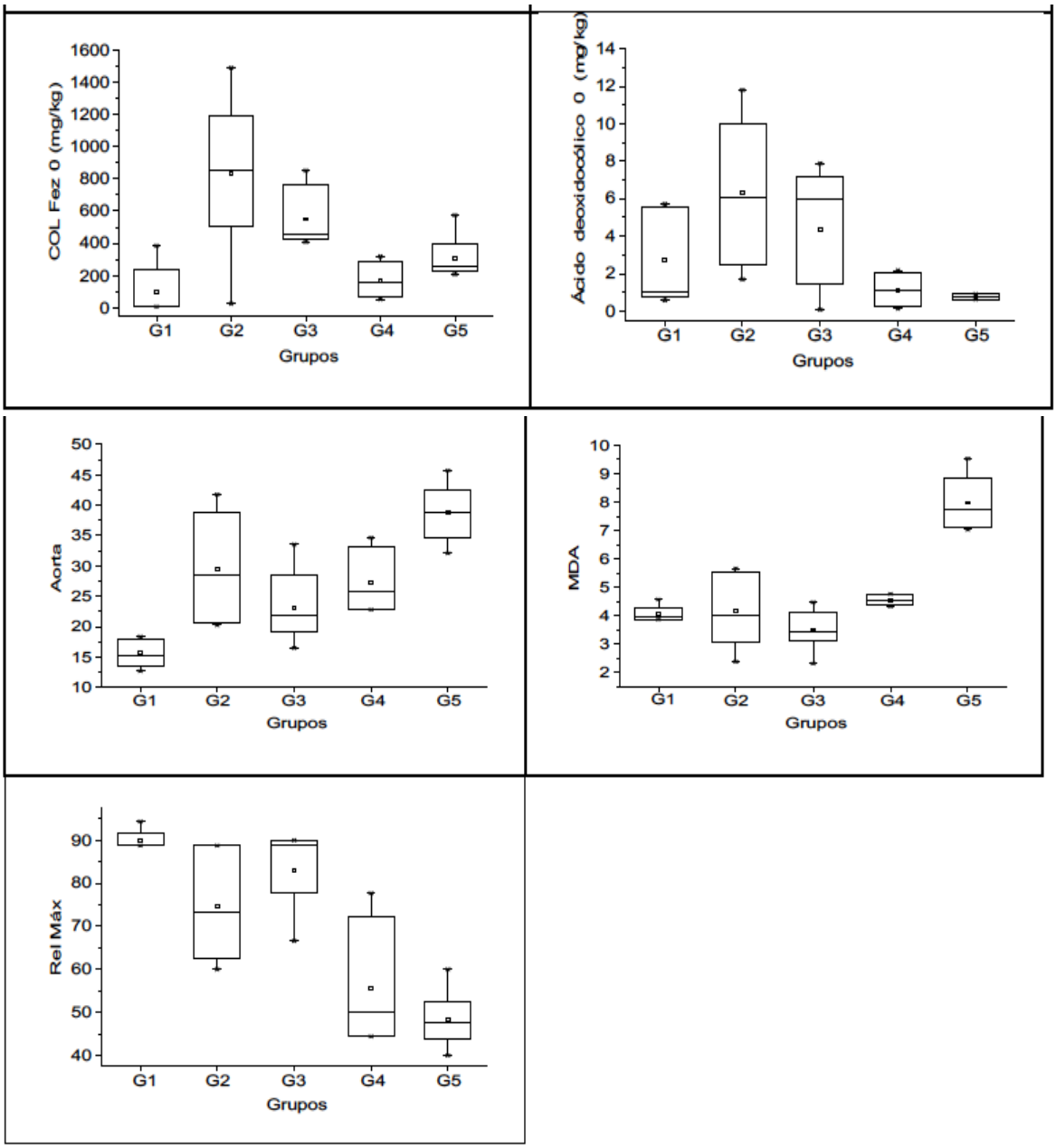


Figura 4: Evolução das variáveis colesterol nas fezes, ácido deoxidocólico, colesterol tecidual, peroxidação tecidual e relaxamento máximo entre os cinco grupos de seguimento.

As tabelas 3 e 4, a seguir, apresentam as análises comparativas e evolutivas das variáveis entre os 5 grupos e entre as 2 avaliações (inicial (0) e final (1)).

Tabela 3. Análise descritiva das variáveis numéricas nos tempos inicial e final por grupo.

Grupos	Variáveis	N	Média	D.P.
G1	Peso 0 (g)	5	2270,00	171,76
	Peso 1 (g)	5	3070,00	216,79
G2	Peso 0 (g)	6	2325,00	108,40
	Peso 1 (g)	6	3200,00	308,22
G3	Peso 0 (g)	7	2292,90	97,59
	Peso 1 (g)	7	3062,90	206,46
G4	Peso 0 (g)	4	2362,50	179,70
	Peso 1 (g)	4	3400,00	168,33
G5	Peso 0 (g)	6	2375,00	108,40
	Peso 1 (g)	6	3343,30	112,90
G1	Colesterol 0 (mg/dl)	5	57,27	9,81
	Colesterol 1 (mg/dl)	5	64,02	14,46
G2	Colesterol 0 (mg/dl)	6	772,82	438,13
	Colesterol 1 (mg/dl)	6	252,87	99,65
G3	Colesterol 0 (mg/dl)	7	559,75	220,98
	Colesterol 1 (mg/dl)	7	363,74	52,39
G4	Colesterol 0 (mg/dl)	4	593,93	233,40
	Colesterol 1 (mg/dl)	4	239,68	346,34
G5	Colesterol 0 (mg/dl)	6	601,05	233,40
	Colesterol 1 (mg/dl)	6	870,66	346,34
G2	Colesterol fezes 0 (mg/kg, matéria seca)	6	991,24	322,52
	Colesterol fezes 1 (mg/kg, matéria seca)	6	335,38	443,97
G3	Colesterol fezes 0 (mg/kg, matéria seca)	7	550,66	322,52
	Colesterol fezes 1 (mg/kg, matéria seca)	7	481,97	443,97
G2	Ácido deoxidocolico 0 (mg/kg, matéria seca)	6	5,89	4,46
	Ácido deoxidocolico 1(mg/kg, matéria seca)	6	4,95	1,79
G3	Ácido deoxidocolico 0 (mg/kg, matéria seca)	7	4,33	3,22
	Ácido deoxidocolico 1(mg/kg, matéria seca)	7	5,60	6,39
G2	Ácido lilocolico 0 (mg/kg, matéria seca)	6	0,35	0,29
	Ácido lilocolico 1 (mg/kg, matéria seca)	6	0,27	0,20

Grupos	Variáveis	N	Média	D.P.
G3	Ácido lilocolico 0 (mg/kg, matéria seca)	7	0,39	0,19
	Ácido lilocolico 1 (mg/kg, matéria seca)	7	0,56	0,58
G2	Ácido quenocolico 0 (mg/kg, matéria seca)	6	0,15	0,08
	Ácido quenocolico 1 (mg/kg, matéria seca)	6	0,18	0,07
G3	Ácido quenocolico 0 (mg/kg, matéria seca)	7	0,14	0,12
	Ácido quenocolico 1 (mg/kg, matéria seca)	7	0,22	0,18

Durante o experimento, os coelhos dos 5 grupos existentes apresentaram pesos corporais similares, não havendo diferenças significativas entre os mesmos (Tabela 4).

Tabela 4. Resultados das ANOVAs para medidas repetidas para comparação entre grupos e tempos.

Variáveis*	Comparação entre 5 Grupos	Comparação entre Avaliações (Inicial (t0) e Final (t1))	Interação Grupos vs Tempos
Peso (G1 a G5)	P=0.120	**P<0.001** [a]	P=0.598
Colesterol (G1 a G5)	**P<0.001** [b]	**P<0.001** [b]	**P<0.001** [b]
Colesterol Fez (G2 e G3)	P=0.282	**P=0.025** [c]	P=0.079
Ácido Deoxidocólico (G2-G3)	P=0.620	P=0.666	P=0.725
Ácido Lilocólico (G2-G3)	P=0.448	P=0.668	P=0.651
Ácido Quenocólico (G2-G3)	P=0.519	P=0.238	P=0.645

* Variáveis transformadas em postos (*ranks*) devido à ausência de distribuição Normal.
(a) Diferenças significativas entre tempos (teste de perfil por contraste): t0-t1 para grupos G1, G2, G3, G4 e G5.

Pelos resultados apresentados nos gráficos (Figura 4), verifica-se diferença significativa para: peso (aumento significativo de t0 para t1 para todos os grupos), Colesterol (maiores valores nos grupos G2, G3, G4 e G5 em t0, maiores valores nos grupos G3 e G5 em t1, redução significativa de t0 para t1 para grupos

G2, G3 e G4, e aumento significativo entre t0 e t1 para grupo G5)(Figura 4), e Col Fez (redução significativa de t0 para t1 para grupo G2) (Figura 5).

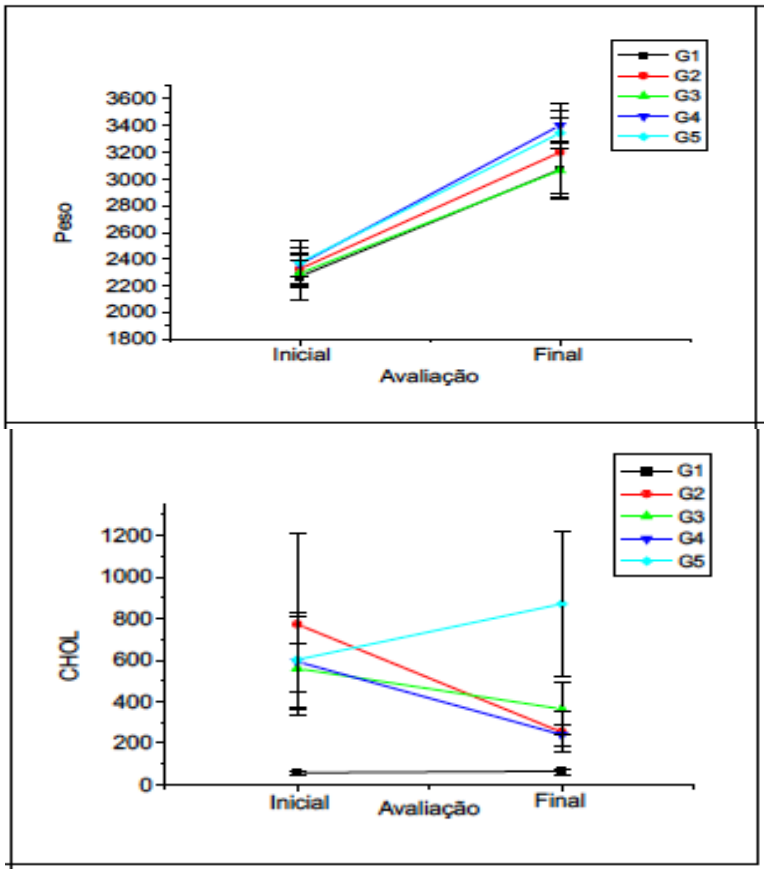


Figura 5: Evolução das variáveis entre os cinco grupos de seguimento nas variáveis peso e colesterol.

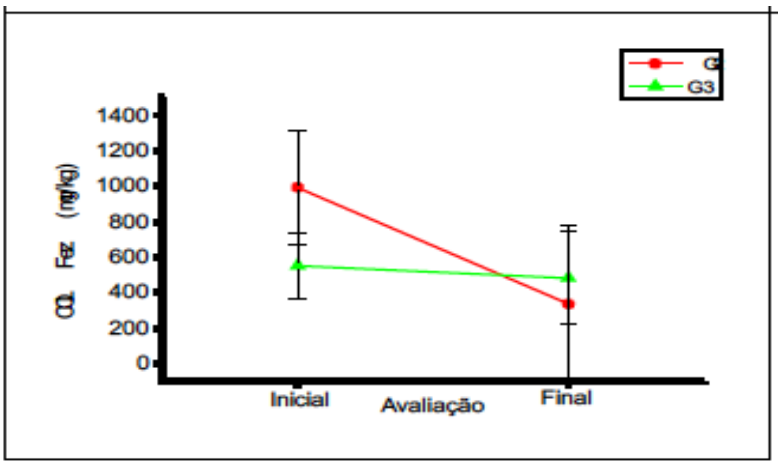


Figura 6: Evolução entre os grupos G2 e G3 na variável colesterol nas fezes.

4. DISCUSSÃO

Os coelhos tem sido utilizados na indução da hipercolesterolemia por dieta para o estudo da aterosclerose, por desenvolver lesões com uma suplementação de 0,5% a 1,0% de colesterol na dieta, podendo alcançar a hipercolesterolemia moderada com níveis de colesterol plasmático entre 200 a 800 mg/dl (HOLVOET e COLLEN, 1997). No estudo realizado, constatou-se que a dieta para a indução de hipercolesterolemia no período de 28 dias, atingiu níveis para ocasionar um aumento significativo do colesterol total, triglicérides, HDL-c, LDL-c, VLDL-c, confirmando que o coelho é um modelo experimental susceptível à indução da hipercolesterolemia através da dieta. Além disso, se torna também um modelo adequado para o estudo da aterosclerose, por responder rapidamente à indução da dieta hipercolesterolêmica e apresentar vários tipos de lesões (MANTHA *et al*., 1993; NENSETER *et al*., 1994; YANNI, 2004).

A concentração de colesterol utilizada para desencadear dislipidemia experimental é bastante variada na literatura, assim como para o período de utilização da dieta. Estudos demonstraram que a concentração de colesterol enriquecida na dieta, na quantidade maior de 0,15%, apresentaram disfunção endotelial, aumento de lípides plasmáticos e colesterol na aorta em coelhos (KOLODGIE *et al*., 1996; JAYAKODY *et al.*, 1997). Em relação ao período de utilização da dieta, estudos apontam de 4 semanas (JORGE *et al*., 1998) até 32 semanas (KOLODGIE *et al*., 1996). Neste estudo, a utilização de 0,5% durante 28 dias, foi adequada para esta finalidade. Verificamos que a utilização da dieta com adição de 0,5% de colesterol e 10% de gordura de coco proporcionou a indução da hipercolesterolemia em 4 semanas.

No presente estudo foi observada efetiva redução dos níveis séricos de colesterol total e fração LDL-c, nos grupos G2, G3 e G4. O grupo G5 obteve um aumento de colesterol, pois este grupo continuou recebendo a dieta hipercolesterolêmica sem amaranto. No grupo G2, que após a indução de hipercolesterolemia, recebeu uma dieta normal com pipoca de amaranto, a redução do colesterol foi maior que nos outros grupos. No grupo G4, pois este

grupo foi alimentado com uma dieta normal sem amaranto, após a indução da hipercolesterolemia, e mesmo assim houve uma diminuição dos níveis séricos de colesterol, sem a utilização da pipoca de amaranto, assim como o grupo G3, que houve uma redução dos níveis de colesterol, mesmo recebendo uma dieta hipercolesterolêmica com pipoca de amaranto, após a indução. Diante destes dados, pode-se considerar que uma dieta normal pode diminuir os níveis de colesterol em coelhos hipercolesterolêmicos.

Em uma pesquisa realizada por Berger *et al.* (2003), relataram que uma dieta contendo 20% de grãos de *Amaranthus cruentus* e 5% de óleo de amaranto, proporcionou diminuição sobre o colesterol total após duas ou quatro semanas de consumo de dietas, e não houve diferença significativa nos níveis de LDL-c em hamsters. Plate e Arêas (2002) verificaram os mesmos resultados alimentando coelhos com dieta de amaranto extrusado e óleo de amaranto. Entretanto, Grajeta (1999) e Shin *et al.* (2004), fornecendo aos ratos uma dieta com farinha de amaranto e esqualeno isolado, respectivamente, observaram redução dos níveis séricos de colesterol. Em um estudo utilizando a proteína isolada de amaranto, também resultou em redução significativa dos níveis séricos de colesterol (MENDONÇA *et al*., 2009).

Em relação as frações do colesterol, LDL-c, HDL-c, Triacilgliceróis e VLDL-c, observa-se que quando comparados ao Grupo G1 inicial, verifica-se que houve um aumento significativo de LDL-c, Triacilgliceróis e VLDL-c (Figura 3). Entretanto, o grupo G5 apresentou um valor maior, pois este grupo permaneceu recebendo dieta hipercolesterolêmica sem amaranto até o final do experimento. A fração HDL-c não apresentou um aumento significativo, quando comparada ao grupo G1, porém no grupo G5 houve um aumento significativo da HDL-c.

No estudo realizado por Plate e Arêas (2002), coelhos alimentados com amaranto extrusado não apresentaram redução significativa nos níveis séricos de HDL-c, porém foi observada redução dos níveis séricos de LDL-c. Podemos ressaltar que no coelho somente de 10-15% do colesterol sérico é transportado sob a forma de HDL-c (BRATTSAND, 1976). Qureshi *et al.* (1996) verificaram a redução do colesterol total, LDL-c e triacilgliceróis nos coelhos dos grupos

alimentados com amaranto, entretanto, não houve alterações nas concentrações de HDL-c. Betim (2008), utilizando amaranto extrusado na dieta de ratos, encontrou os mesmos resultados em relação a fração HDL-c, embora tenha verificado como resultado, uma efetiva redução nos níveis de séricos de colesterol e LDL-c.

A Proteína C-reativa no grupo G1 apresentou-se em maior valor, quando comparado aos demais grupos, e no grupo G4 apresentou-se em menor valor, porém as diferenças entre os grupos não podem ser consideradas como estatisticamente significativas. Sun *et al.* (2005), utilizando a PCR em coelhos para identificar o risco de arteriosclerose, mostraram que elevados níveis de PCR associam-se com a gravidade da hipercolesterolemia. Oubina *et al.* (2003), estudando o efeito dos marcadores inflamatórios em coelhos hipercolesterolêmicos, encontraram aumento de PCR.

O efeito no aumento da excreção de colesterol nas fezes observado foi verificado nos grupos G2 (grupo hipercolesterolêmico, dieta normal com amaranto) e G3 (grupo hipercolesterolêmico, dieta hipercolesterolêmica com amaranto). Entretanto no grupo G2, o aumento da excreção de colesterol nas fezes, apresentou diferença significativa (p= 0,025). Pode-se considerar que este resultado demostra um mecanismo hipocolesterolemiante da pipoca de amaranto nos coelhos. O mecanismo que explica a redução do colesterol plasmático pela ação das proteínas vegetais, como a proteína de soja, é o aumento da excreção de ácidos biliares e colesterol nas fezes, em dietas isentas de colesterol, em ratos e coelhos (HUFF e CARROL, 1980; BEYNEN, 1990). O aumento do colesterol nas fezes, deve-se ao fato da associação que pode ocorrer na resistência à elevação dos lipídios plasmáticos em animais alimentados com o amaranto, como foi relatado por CZERWINSKI *et al.* (2004), que pode ocorrer pela ação das substâncias antioxidantes, pelo tipo de fibras, ou pela proteína presente no amaranto.

A maior parte dos ácidos biliares excretados no intestino são reabsorvidos e devido a esse fator, a excreção de ácidos biliares nas fezes é baixa. Neste estudo, houve uma excreção de ácidos biliares nas fezes, entretanto,

não houve diferença significativa neste dado. Tiengo (2007) demonstrou que os produtos de amaranto apresentaram uma capacidade ligante de ácidos biliares *in vitro*, incluindo ácidos biliares secundários tóxicos à mucosa intestinal, como o ácido deoxidocolico. Matias (2007) constatou no grupo amaranto, maior excreção de colesterol e menor excreção de ácidos biliares nas fezes, sem constatar o efeito hipocolesterolemiante, destacando-se a queda do teor de excreção de ácidos biliares nas fezes. Mendonça *et al.* (2009) em estudo com hamsters, observou menor excreção de ácidos biliares nas fezes do grupo que recebeu isolado protéico de amaranto em relação ao grupo controle, redução do colesterol plasmático e aumento na excreção de colesterol nas fezes.

No presente estudo, identificou-se o grupo G4 (grupo hipercolesterolêmico, dieta normal sem amaranto), como tendo intervenção somente no estilo de vida, e nos grupos G2 e G3, foi utilizada uma estratégia terapêutica para que ocorresse a redução do colesterol total e frações. Nos coelhos do grupo G4, apenas com a suspensão da dieta hipercolesterolêmica, os valores de colesterol total e frações se reduziram.

Segundo Jayakody *et al.* (1987), em um experimento com coelhos tratados com ração enriquecida com colesterol a 2% por 6 semanas, realizando um retorno à dieta normal sem colesterol, observaram que os níveis de colesterol total e triglicerídeos voltaram ao níveis normais. Prasad (2008), em um estudo semelhante, utilizando uma dieta de indução à hipercolesterolemia na proporção de 0,25% e 0,5% por 8 semanas e suspensão da dieta por 16 semanas, demostraram ocorrer diminuição dos lípides plasmáticos. Tsantila *et al*. (2009), utilizando ração enriquecida com colesterol a 1% por 6 semanas e suspensão da dieta por 3 semanas, encontraram resultados semelhantes em relação aos lípides plasmáticos.

Não há referência na literatura pesquisada sobre o efeito da pipoca de amaranto em animais de experimentação nos parâmetros analisados de colesterol tecidual, peroxidação lipídica e relaxamento tecidual.

Em relação ao colesterol tecidual, podemos observar que não ocorreu a diminuição dos valores, com o uso do amaranto e suspensão da dieta

hipercolesterolêmica. Verifica-se que a dieta hipercolesterolêmica determinou aumento do colesterol tecidual, que não reduziu com a intervenção. Segundo Almeida *et al.* (2007) o metabolismo tecidual não acompanha as alterações lipídicas ocorridas no plasma, espontaneamente com a suspensão da dieta (JORGE *et al*., 1998).

A peroxidação lipídica no grupo G3 apresentou valores menores em relação aos valores dos outros grupos, porém sem significação estatística com o grupo G1. O resultado pode demonstrar que não existiu relação da peroxidação lipídica tecidual com os níveis de colesterol tecidual. Ribeiro Jorge *et al.* (1998) observaram que os aumentos da peroxidação lipídica e do colesterol tecidual apresentam resultados equivalentes e os autores consideraram este aumento como responsável pela disfunção endotelial verificada.

No presente estudo, outros mecanismos podem estar envolvidos, neste sentido verifica-se que os valores dos grupos com amaranto (G2 e G3) reverteu esta disfunção aos níveis do G1, enquanto os demais mantiveram a função endotelial significativamente reduzida. Estes achados estão em concordância com experimentos realizados e disponíveis na literatura, os quais reafirmam que a hipercolesterolemia acentua a peroxidação lipídica e compromete a função endotelial (JAYAKODY *et al*., 1987; KUSHWAVA e HAZZARD, 1987; NENSETER *et al*., 1994; RIBEIRO JORGE *et al.*, 1997; RIBEIRO JORGE *et al.*, 1998; ALMEIDA *et al*., 2004; RIBEIRO JORGE *et al.*,, 2005; ALMEIDA *et al*., 2007; ALMEIDA *et al.*., 2009; OZAKI *et al*., 2012).

5. CONCLUSÃO

Na dieta hipercolesterolêmica ocorreu aumento do peso, dos lípides plasmáticos, colesterol tecidual e peroxidação lipídica. Na fase da experimentação ocorreu a diminuição dos valores de colesterol plasmático e frações, colesterol nas fezes, assim como houve aumento na excreção de ácidos biliares nas fezes, embora as diferenças não tenham sido significativas.

O consumo de pipoca de amaranto favoreceu a excreção fecal de

colesterol dos coelhos, contribuindo desta forma para regular os níveis séricos. Este efeito não pode ser atribuído a nenhuma substância conhecida do componente do amaranto.

O estudo demonstrou o efeito hipocolesterolemiante da pipoca de amaranto, já relatado em outros trabalhos realizados com ratos, hamsters e coelhos, em dietas hipercolesterolêmicas, e permitiu concluir que efeito benéfico semelhante pode ser obtido com animais recebendo dietas normocolesterolêmica sem amaranto. Houve reversão da disfunção endotelial pela pipoca de amaranto, a qual pode ser devido ao não aumento da peroxidação lipídica. A pipoca de amaranto não influenciou o colesterol tecidual.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

ALMEIDA, E.A.; OZAKI, M.R.; RIBEIRO JORGE, P.A. Effects of fluvastatin on lipid, lipid peroxidation and endothelial dysfunction in hyper cholesterolemic rabbits. **Journal of Brazilian Society of Internal Medicine** , v. 2, n. 3, p. 63-71, 2004.

ALMEIDA, E.A.; MORAES, R.A.; OZAKI, M.R. Endothelial dysfunction, lipid peroxidation and cholesterol level in rabbit arteries: relationship to progressive hypercholesterolemia. **Clinical Investigation Artheriosclerosis** , v. 19, n. 6, p. 293-299, 2007.

ALMEIDA, E.A.; HERNANDES, D.B.; OZAKI, M.R. Endothelial dysfunction, lipid peroxidation, plasmatic and tissue cholesterol evaluations in mixed dyslipidemia in rabbits treated with rosuvastatin and atorvastatin. **Clinical Investigation Atherosclerose**, v. 21, n. 6, p. 263-267, 2009.

AYALA, I.; CASTILLO, A.M.; ADÁNEZ, G. FERNÁNDEZ-RUFETE, A.; PÉREZ, B.G.; CASTELLS, M.T. Hyperlipidemic chicken as a model of non-alcoholic steatohepatitis. **Experimental Biology and Medicine** , v. 234, n. 1, p. 10-16, 2009.

BADIMON, J.J.; BADIMON, L.; FUSTER, V. Regression of atheroma lesions by high density lipoprotein plasma fractions in the cholesterol rabbits. **The Journal of Clinical Investigation,** v. 85, n. 4, p. 1234-1241, 1990.

BERGER, A.; GREMAUD, G.; BAUMGARTNER, M. REIN, D.; MONNARD, I.; KRATKY, E.; GEIGER, W.; BURRI, J.; DIONISI, F.; ALAN, M. LAMBELET, P. Cholesterol-lowering properties of amaranth grain and oil in hamsters. **International Journal for Vitamin and Research** , v. 73, p. 39-47, 2003.

BETIM, C.B. **Alterações metábolicas benéficas em ratos *Wistar* decorrentes do consumo de amaranto extrusado**. 2008. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade de Campinas, Campinas, Brasil.

BEVILACQUA, M.R.; GIMENO, S.G.A.; MATSUMARA, L.K; FERREIRA, S.R.G. Hiperlipidemias e fatores dietéticos: estudo transversal entre nipo-brasileiros. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia** , v. 51, n. 4, p. 547-558, 2007.

BEYNEN, A.C. Comparison of the mechanisms proposed to explain the hypocholesterolemic effect of soybean protein versus casein in experimental animals. **Journal of Nutritional Sciences and Vitaminology** , v. 36, n. 105, p. 87-97, 1990.

BRAGAGNOLO, N.; RODRIGUES-AMAYA, D. Otimização da determinação de colesterol por CLAE e teores de colesterol, lipídios totais e ácidos graxos em

camarão rosa (*Penaeus brasiliensis*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 17, n. 3, p. 275-280, 1997.

BRATTSAND, R. Distribution of cholesterol and triglycerides among lipoprotein fractions in fat-fed rabbits at different levels of serum cholesterol. **Atherosclerosis**, v. 23, n.1, p. 97-110, 1976.

BRAVO, E.; CANTAFORA, A.; CALCABRINI, A.; ORTU, G. Why prefer the golden Syrian hamster (*Mesocricetus auratus*) to the Wistar rat in experiemental studies on plasma lipoprotein metabolism? **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry**, v. 107, p. 347-355, 1994.

BROSSEAU, M.E.; HOEG, J.M. Transgenics rabbits as model for atherosclerosis research. **Journal of Lipids Research**, v. 40, p. 365-375, 1999.

BUEGE, J.A.; AUST, S.D. Microsomal lipid peroxidation. **Methods in Enzimology,** v. 52, p. 302-310, 1978.

CHAPMAN, M.J. Animal lipoproteins: chemistry, structure, and comparative aspects. **Journal of Lipids Research**. v. 21, p. 789-853, 1980.

CHATURVEDI, A.; SAROJINI, G.; DEVI, N.L. Hypocholesterolemic effect of amaranth seeds (*Amaranthus Esculantus*) . **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 44, n. 1, p. 63-70, 1993.

CHAVÉZ-JÁUREGUI, R.N.; SILVA, M.E.M.P.; ARÊAS, J.A.G. Extrusion cooking process for amaranth (*Amaranthus caudatus* L.). **Journal of Food Science**, v. 65, n. 6, p. 1009-1105, 2000.

CONOVER, W. J. **Practical Nonparametric Statistics**. 3 ed. New York: John Wiley & Sons. 592 p., 1998.

CZERWIŃSKI, J.; BARTNIKOWSKA, E.; LEONTOWICZ, H.; LANGE, E.; LEONTOWICZ, M.; KATRICH, E.; TRAKHTENBERG, S.; GORINSTEIN, S. Oat (*Avena sativa* L.) and amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) meals positively affect plasma lipid profile in rats fed cholesterol-containing diets. **Journal of Nutritional Biochemistry,** v. 15, n. 10, p. 622-629, 2004.

DALEY, S.J.; HERDERICK, E.E.; CORNHILL, J.F.; ROGERS, K.A. Cholesterol-fed and casein-fes rabbit models. Part 1: Differing lesion area and volume despite equal plasma cholesterol levels. **Arteriosclerosis and Thrombosis**, v. 14, n. 1, p. 95-104, 1994.

DANZ, R.A.; LUPTON, J.R. Physiological-Effects of Dietary Amaranth (*Amaranthus-Cruentus*) on Rats. **Cereal Foods World**, v. 37, n. 7, p. 489-494, 1992.

DAVIES, M.L. Pathophysiology of acute coronary syndromes. **Indian Heart**, v. 52, p. 473-479, 2000.

DIETSCHY, J.M. Theoretical considerations of what regulates low density lipoprotein and high density lipoprotein cholesterol. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 65, p. 1281-1589, 1997.

DONGWSKI, G. Interactions between dietary fibre-rich preparations and glycoconjugated bile acids in vitro. **Food Chemistry**, v. 104, n.1, p. 390-397, 2007.

ESCUDERO, N.L.; ZIRULNIK, F.; GOMEZ, N.N.; MUCCIARELLI, S.I.; GIMENEZ, M.S. Influence of a protein concentrate from Amaranthus cruentus seeds on lipid metabolism. **Experimental Biology and Medicine**, v. 231, n. 1, p. 50 – 59, 2006.

FAN, J.; CHALLAH, M.; WATANABE, T. Transgenic rabbit models for biomedical research: current status, basic methods and future perspectives. **Pathological International**, v. 49, n. 7, p. 583-595, 1999.

FRIEDEWALD, W.T.; LEVY, R.I.; FRIEDRICKSON, D.S. Estimation of the concentration of low density lipoprotein cholesterol in plasma without use of the preparative ultracentrifuge. **Clinical Chemistry,** v. 18, p. 499-502, 1972.

FURCHGOTT, R.; ZAWADSKI, J.V.B. The obligatory role of endothelial cells in the relaxation of arterial smooth muscle by acetylcholine. **Nature**, v. 288, n. 5789, p. 373-376, 1980.

FURTADO, R.G.; NUNES, C.G.O.; RASSI JR, L.; MELATO, L.H.; SARA, L.; BORGES, M.M.; TURCO, F.P. Placa de aterosclerose em aorta: revisão sobre aterogênese, formação de placa, significado clínico, métodos de imagens e tratamento. **Revista Brasileira de Ecocardiograma e Imagem Cardiovascular**, v. 22, n. 2, p. 27-39, 2009.

FUSTER, V. LEWIS, A. Conner Memorial Lecture. Mechanisms leading to myocardial infarction: insights from studies of vascular biology. **Circulation**, v. 90, p. 2126-2146, 1994.

FUSTER, V. 50th anniversary historical article. Acute coronary syndromes: the degree and morphology of coronary stenoses. **Journal of Annual College of Cardiology**, v. 35, supl. B, p. 52-54, 2000.

GARCÍA PÉREZ, B.; AYALA, I.; CASTELLS, M.T.; MADRID, J.F.; ORTEGA, M.R.; ORTEGA, J.V.; BALLESTA, J.; FERNÁNDEZ PARDO, J.; VALDÉS, M. Planimetric and histological study of the aortae in atherosclerotic chickens treated with nifedipine, verapamil and diltiazem. **Histology and Histopathology**, v. 18, p. 1027–1033, 2003.

GARCÍA PÉREZ, B.; AYALA, I.; CASTELLS, M.T.; SÁNCHEZ POLO, M.T.; GARCÍA PARTIDA, P.; VALDÉS, M. Effects of nifedipine, verapamil and diltiazem on serum biochemical parameters and aortic composition of atherosclerotic chickens. **Biomedicine and Pharmacotherapy,** v. 59, p. 1–7, 2005.

GIANNINI, S.D.; DEVERIACKI, B.E.; GÓIS, J.M. de; DIAMENT, J.; FORTYI, N.; CARDOSO, R.H.A.; GALLUCI, S.D.D.; AZUL, L.G.S. Prevalência de dislipidemias primárias em indivíduos com e sem história familiar de coronariopatia, tendo como referência os valores do "National Cholesterol Education Program (NCEP)". **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 58, p. 281-287, 1992.

GIANNINI, S.D. História natural da aterosclerose. **Revista da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo**, v. 10, n. 6, p. 677-685, 2000.

GONOR, K.V.; POGOZHEVA, A.V.; KULAKOVA, S.N.; MEDVEDEV, F.A.; MIROSHNICHENKO, L.A. The influence of diet with including amaranth oil on lipid metabolism in patients with ischemic heart disease and hyperlipoproteidemia. **Voprosy Pitaniia,** v. 75, n. 3, p. 17-21, 2006.

GRAJETA, H. Effects of amaranthus (*Amaranthus cruentus*) seeds on lipid metabolism in rats. **Bromatologia i Chemia Toksykologiczna**, v. 30, n. 1, p. 25–30, 1997.

GRAJETA H. Effect of amaranth and oat bran on blood serum and liver lipids in rats depending on the kind of dietary fats. **Nahrung**, v. 43, p.114–117, 1999.

GREEVE, J.; ALTKEMPER, I.; DIETERICH, J.H.; GRETEN, H.; WINDLER, E. Apolipoprotein B mRNA editing in 12 different mammalian species: hepatic expression is reflected in low concentrations of apoB-containing lipoproteins. **Journal of Lipids Research**, v. 34, p. 1367-1383, 1993.

HOLVOET, P.; COLLEN, D. Beta-VLDL hypercholesterolemia relative to LDL hypercholesterolemia is associated with higher levels of oxidized lipoproteins and a more rapid progression of coronary atherosclerosis in rabbits. **Arteriosclerosis Thrombosis and Vascular Biology**. v. 17 n. 11, p. 2376-2382, 1997.

HUFF, M.W.; CARROL, K.K. Effect of dietary protein on turnover, oxidation, and absorption of cholesterol, and on steroid excretion in rabbits. **Journal of Lipids Research**, v. 21, p. 546-558, 1980.

IHARA, S.S.M.; NOZAZZI, J.P.; FONSECA, F.A.H.; PINTO, L.E.S.A.; MARTINEZ, T.L.R. Lipoproteínas e aterogênese. In: MARTINEZ, T.L.R. **Condutas clínicas nas dislipidemias**. Belo Horizonte: Health, p. 55-70, 1997.

JAYAKODY, I.; SEWNERATNE, M.; THOMPSON, A.; KAPAGODA, T. Endothelium dependent relaxation in experimental atherosclerosis in rabbits.

Circulation Reserach, v. 50, p. 251-264, 1987.

JORGE, P.A.R. Endotélio, lípides e aterosclerose. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia,** v. 68, n. 2, p. 129-134, 1997.

JORGE, P.A.R; LIDIA, C.; NEYRA, L.C.; OSAKI, R.M.; ALMEIDA, E.D.; BRAGAGNOLO, N. Efeito da berinjela sobre os lípides plasmáticos, a peroxidação lipídica e a reversão da disfunção endotelial na hipercolesterolemia experimental. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 70, n. 2, p. 87-91, 1998.

KAHLON, T.S.; WOODRUFF, C.L. In vitro binding of bile acids by soy protein, pinto beans, black beans and wheat gluten. **Food Chemistry**, v. 79, n. 4, p. 425-429, 2002.

KAHLON, T.S.; SHAO, Q. In vitro binding of bile acids by soy bean (*Glycine max*), black eye bean (*Vigna unguiculata*), garbanzo (*Cicer arietinun*) and lima bean (*Phaseolus lunatus*). **Food Chemistry**, v. 86, n. 3, p. 435-440, 2004.

KAHLON, T.S.; SMITH, G.E. SHAO, Q. In vitro binding of bile acids by kidney bean (*Phaseolus vulgaris*), black gram (*Vigna mungo*), Bengal gram (*Cicer aretinun*) and moth bean (*Phaseolus aconitifolins*). **Food Chemistry**, v. 90, n. 1-2, p. 241-246, 2005.

KAHLON, T.S.; SMITH, G.E. In vitro binding of bile acids by blueberries (Vaccinun spp), prunes (*Prunes spp*), strawberries (*Fragaria x ananassa*), cherries (*Malpighia punicifolia*), cranberries *(Vaccinun macrocarpon)* and apples (*Malus sylvestris*). **Food Chemistry**, v. 100, n. 3, p. 1182-1187, 2007.

KAHLON, T.S.; CHAPMAN, M.H.; SMITH, G.E. In vitro binding of bile acids by spinach, kale, brussels, sprouts, broccoli, mustard greens, green bell pepper, cabbage and collards. **Food Chemistry**, v. 100, n. 4, p. 1531-1536, 2007a.

KAHLON, T.S.; CHAPMAN, M.H.; SMITH, G.E. In vitro binding of bile acids by okra, beets, aspargus, eggplants, turnips, green beans, carrots and cauliflower. **Food Chemistry**, v. 103, n. 3, p. 676-680, 2007b.

KHATTREE, R.; NAIK, D.N. **Applied Multivariate Statistics with SAS Software**. 2 ed. Cary, NC: SAS Institute Inc. 1999. 369 p.

KIM, H.K.; KIM, M.J.; CHO, H.Y.; KIM. E-K.; SHIN, D.H. Antioxidative and antidiabetic effects of amaranth (*Amaranthus esculantus*) in streptozotocin-induced diabetic rats. **Cell Biochemistry and Function**, v. 24, n. 3, p.195-199, 2006a.

KIM, H.K.; MI-JEONG, K.; DONG-HOON, S. Improvement of Lipid Profile by Amaranth *(Amaranthus esculantus)* Supplementation in Streptozotocin-Induced Diabetic Rats. **Annual Nutrition and Metabolism,** v. 50, p. 277-281, 2006b.

KOLODGIE, F.D.; KATOCS, A.S., LARGIS, E.E.; WREEN, S.M.; COMHILL, J.F.; HERDERICK, E.E. Et al. Hypercholesterolemia in the rabbits induced y feeding graded amounts of low-level cholesterol. **Arteriosclerosis, Trombosis and Vascular Biology**, v. 16, p. 1454-1464, 1996.

KOWALA, M.C.; NUNNARI, J.J.; DURHAM, S.K.; NICOLAI, R.J. Doxazosin and cholestyramine similarly decrease fatty streak formation in the aortic arch of hyperlipidemic hamsters. **Atherosclerosis**, v. 91, p. 35-49, 1994.

KULAKOVA, S.N.; POZDNIAKOV, A.L.; KORF, I.I.; KARAGODINA, Z.V.; MEDVEDEV, F.A.; VIKTOROVA, E.V.; GONOR, K.V.; KAMYSHEVA, I.M.; GADZHIEVA, Z.M. Amaranths oil: peculiarities of chemical composition and influence on lipid metabolism by rats. **Voprosy Pitaniia**, v. 75, n. 3, p. 36-42, 2006.

KUSHWAVA, R.; HAZZARD, W. Catabolism of very low density lipoprotein in the rabbit effect of changing composition and pool size. **Biochimica Biophysica Acta**, v. 528, p. 176-189, 1987.

LEHMANN, J.W. Case history of grain amaranth as an alternative crop. **Cereal Foods World**, 41(5), p. 399-410, 1996.

LIN, Y.; MEJER, G.W.; VERMEER, M.A.; TRATWEIN, E.A. Soy protein enhances the cholesterol-lowering effect of plant sterol esters in cholesterol-fed hamsters. **Journal of Nutrition**, v. 134, p. 143-148, 2004.

MCGILL Jr, H.C.; EGGEN D.A.; STRONG, J.P. Atherosclerotic lesions in the aorta and coronary arteries of man. In: ROBERTS Jr, J.C.; STRAUSS, R., eds. **Comparative Atherosclerosis**. New York: Harper & Row Publishers Inc.; 1965. p. 311-326.

MAGALHÃES, M.E.C.; BRANDÃO, A.A.; FREITAS, E.V.; POZZAN, R. BRANDÃO, A.P. Novas perspectivas no tratamento das dislipidemias. **Revista da Sociedade de Cardiologia do Estado do Rio de Janeiro**, p. 105-111, 2004.

MANTHA, S.; PRASAD, M.; KALRA, J.; PRASAD, K. Antioxidant in hypercholesterolemia and effects of vitamin E in rabbits. **Atherosclerosis**, v. 101, n. 2, p.136-144, 1993.

MARTIROSYAN, D.M.; MIROSHNICHENKO, L.A.; KULAKOVA, S.N.; POGOJEVA, A.V.; ZOLOEDOV, V. Amaranth oil application for coronary heart disease and hypertension. **Lipids in Health and Disease**, v. 6, n.1, p.1-12. 2007.

MATIAS, A.C.G. **Avaliação dos efeitos fisiológicos da fração fibra alimentar dos grãos de amaranto (*Amaranthus cruentus* L.) e linhaça (*Linum usitatissimum* L.)**. 2007. Doutorado (Doutorado em Saúde Pública) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.

MENDONÇA, S.; SALDIVA, P.; CRUZ, R.J.; ARÊAS, J.A.G. Amaranth protein presents cholesterol-lowering effect. **Food Chemistry***,* v. 116, p. 738-742. 2009.

MILLIKEN, G.A.; JOHNSON, D.E. **Analysis of Messy Data. Volume I: Designed Experiments**. 2 ed. Boca Raton: CRC. 2008. 520 p.

MOGHADASIAN, M.H.; FROHLICH, J.J.; MCMANUS, B.M. Advances in experimental dyslipidemia and atherosclerosis. **Laboratory Investigation**, v. 81, n. 9, p. 1173-1183, 2001.

MOHALLEN, D. **Impacto do consumo de cookies de amaranto (*Amaranthus cruentus* BRS-Alegria) e cookies de aveia, em horários estratégicos, no apetite de pessoas eutróficas e com sobrepeso** . 2006. Trabalho de Conclusão de Curso - Faculdade de Nutrição, Universidade de Vila Velha, Vila Velha, Brasil.

MONTGOMERY, D.C. **Design and Analysis of Experiments**. 6rd ed. New York: John Wiley & Sons. 2004, 660 p.

MOREIRA, R.O.; SANTOS, R.D.; MARTINEZ, L.; SALDANHA, F.C.; PIMENTA, J.L.A.C.; FEIJOO, J.; JAHNKE, N.; MANGILE, O.C.; KUPFER, R. Perfil lipídico de pacientes com alto risco para eventos cardiovasculares na prática clínica diária. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia** , v. 50, n.3, p. 481-489, 2006.

NAGASHIMA, M.; MCLEAN, J.W.; LAWN, R.L. Cloning and mRNA tissue distribution of rabbit cholesteryl ester transfer protein. **Journal of Lipids Research**, v. 29, p. 1643-1649, 1988.

NAITO, H.K.; DAVID, J.A. Laboratory considerations: determination of cholesterol, triglycerides, phospolipid and others lipids in blood and tissues. **Laboratory Methods Biological Medicine** , v. 10, p. 1-76, 1984.

NENSETER, M.S.; VOLDEN, V.; TONSTAD, S.; GUDMUNDSEN, O.; OSE, L.; DREVON C.A. Modification of low density lipoprotein in relation to intake of fatty acids and antioxidants. **World Review of Nutrition and Dietetics,** v. 75, p. 144-148, 1994.

NISTOR, A.; BULLA, A.; FILIP, D.A.; RADU, A. The hyperlipidemic hamster as a model of experimental atherosclerosis. **Atherosclerosis**, v. 68, n. 1-2, p. 159-173, 1987.

OLIVEIRA, G.H.M. de, FARMER, J.A. Novos Fatores de risco cardiovascular, **Revista da SOCERJ**, p. 183-193, 2003.

OUBINA, M.P.; HERAS, N.; CEDIEL, E.; SANZ-ROSA, D.; ARAGONCILLO, P.; DÍAZ, C. *et al.* Synergistic effect of angiotensin-converting enzyme (ACE) and 3-

hydroxy-3-methylglutaryl-CoA (HMG-CoA) reductase inhibition on inflammatory markers in atherosclerotic rabbits. **Clinical Sciences**, v. 105, p. 655-662, 2003.

OZAKI, M.R.; ALMEIDA, E. A. Evolution and involution of atherosclerosis and its relationship with vasculrar eactivity in hypercholesterolemic rabbits. **Experimental Toxicology and Pathology** (in press), 2012.

PLATE, A.Y.A.; ARÊAS, J.A.G. Cholesterol-lowering effect of extruded amaranth *(Amaranthus caudatus L.)* in hypercholesterolemic rabbits. **Food Chemistry**, 76, 1, pp 1-6, 2002.

POLANCZYK, C.A. Fatores de risco cardiovascular no Brasil: os próximos 50 anos. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 84, n. 3, p. 199-201, 2005.

PRASAD, K. Regression of hypercholesterolemic atherosclerosis in rabbits by secoisolariciresinol diglucose isolated from flaxssed. **Atherosclerosis**, v. 197, p. 34- 42, 2008.

PROCTOR, S.D.; RUSSEL, J.C. Small animal models of cardiovascular disease: tools for the study of the roles of metabolic syndrome, dyslipidemia, and atherosclerosis. **Cardiovascular Pathology**, v. 15, p. 318-330, 2006.

QURESHI, A.A; LEHMANN, J.L.; PETERSON, D.M. Amaranth and its oil inhibit cholesterol biosynthesis in 6-week-old female chickens. **The Journal of Nutrition**, v. 128, n. 8, p. 1972-1978, 1996.

RIBEIRO JORGE, P.A.; OSAKI, M.R.; METZE, K. Effects of Sinvastatin and Pravastatin on endothelium-dependent relaxation in hypercholesterolemic rabbits. **Experimental and Toxicology Pathology**, v. 46, p. 465-469, 1994.

RIBEIRO JORGE, P.A.; NEYRA, L.C.; OZAKI, M.R.; ALMEIDA, E.A. Rapid reversal of endothelial dysfunction in hypercholesterolemic rabbits treated with simvasthatin and prvastatin. **Clinical Experimental Pharmacology and Physiology**, v. 24, p. 948-953, 1997.

RIBEIRO JORGE, P.A.; NEYRA, L.C.; OZAKI, M.R.; ALMEIDA, E.A. Improvement in the endothelium-dependent relaxation in hypercholesterolemic rabbits treated with vitamin e. **Atherosclerosis**, v. 40, n. 2, p. 333-339, 1998.

RIBEIRO JORGE, P.A.; ALMEIDA, E.A.; OZAKI, M.R.; JORGE, M.; CARNEIRO, A. Efeitos da atorvastatina, fluvastatina, pravastatina e simvastatina sobre a função endotelial, a peroxidação lipídica e a taroscleroseaórtica em colehos hipercolesterolêmicos. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 84, n. 4, p. 314-319, 2005.

ROCHA, L.M. **Comparação dos efeitos produzidos pelo consumo do grão de amaranto (*Amaranthus cruentus* L.) e de aveia (Avena sativa) em parâmetros da síndrome metabólica**. 2010. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade de Campinas, Campinas, Brasil.

SANTOS FILHO, R.D.; MARTINEZ, T.L. da R. Fatores de risco para doença cardiovascular: velhos e novos fatores de risco, velhos problemas! **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia** , v. 46, n. 3, p. 212-214, 2002.

SAS Institute Inc. **The SAS System for Windows (Statistical Analysis System)**, versão 8.02, 1999-2001, Cary, NC, USA.

SAWADA, M.; MATSUO, M.; SEKI, J. Inhibition of Cholesterol Synthesis Causes Both Hypercholesterolemia and Hypocholesterolemia in Hamsters. **Biological and Pharmacology Bulletin**, v. 25, n. 12, p. 1577-1582, 2002.

SCHWARTZ, C.J.; VALENTE, A.J.; SPRAGUE, E.A.; KELLEY, J.L.; NEREM, R.M. The pathogenesis of atherosclerosis: an overview. **Clinical Cardiology**, v. 14, p. 11-16, 1991.

SHIN, D.H.; HEO H.J.; LEE, Y.J.; KIM, H.K. Amaranth squalene reduces serum and liver lipid levels in rats fed a cholesterol diet. **British Journal of Biomedical Science,** v. 61, n. 1, p. 11-4, 2004.

SIMIONESCU, N.; SIMIONESCU, M. **Endothelial cell biology in health and disease**. New York: Plenun Press; 1988. 458 p.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA (SBC). IV Diretriz Brasileira sobre Dislipidemias e prevenção da Aterosclerose do Departamento de Aterosclerose da Sociedade Brasileira de Cardiologia. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia,** vol. 88 (Suplemento I), p. 1-18, Abril 2007.

STARY, H.C.; CHANDLER, A.B. DINSMORE, R.E.; FUSTER, V.; GLAGOV, S.; INSULL JR, W.; ROSENFELD, M.E.; SCHWARTZ, M.D.; WAGNER, W.; WISSLER, R.W. A definition of advances types of atherosclerotic lesions and a histological classification of atherosclerosis. A report from the Committee on Vascular Lesions of the Council on Arteriosclerosis. **Circulation**, v. 92, n. 5, p. 1355-1374, 1995.

STIPANUK, M. **Biochemical and physiological aspects of human nutrition**. 2 ed. Philadelphia: W.B. Saunders, 2006. 960 p.

SUN, H.; KOIKE, T.; ICHIKAWA, T.; HATAKEYAMA, K.; SHIOMI, M.; ZHANG, B. *et al.* C-Reactive Protein in atherosclerotic lesions: its origin and pathophysiological

significance. **American Journal of Pathology**, v. 167, n. 4, 2005.

TIENGO, A. **Bioatividade do grão de amaranto: avaliação *in vitro* da atividade ligante de ácidos biliares e inibidora da enzima conversora de angiotensina.** 2007. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade de Campinas, Campinas, Brasil.

TSANTILA, N.; KARANTONIS, H.C.; PERREA, D.N.; THEOCHARIS, S.E.; ILIOPOUS, D.G.; IATROU, D.G. et al. Atherosclerosis regression study in rabbits upon olive pomace polar lipids extract administration. **Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Disease**, v. 20, p. 740-747, 2010.

VAHOUNY, G.V.; ADAMSON, I.; CHALCARZ, W. SATCHITHANANDAM, S.; MUESING, R. KLURFELD, D.M.; TEPPER, S.A. SANGHVI, A.; KRITCHEVSKY, D. Effects of casein and soy protein on hepatic and serum lipids and lipoprotein lipid distributions in the rat. **Atherosclerosis**, v. 56, n. 2, p. 127-137, 1985.

VAN DER MEER, R.; DE VRIES, H.; GLATZ, J.F.C. t-Butanol extraction of feces: a rapid procedure for enzymic determination of fecal bile acids. In: BEYNEN, A.C.; GEELEN, M.J.H.; KATAN, M.B.; SCHOUTEN, J.A. (Editors), **Cholesterol Metabolism in Health and Disease: Studies in the Netherlands**. Wagenigen: Ponsen & Looijen. 1985, p. 113-137.

VERSCHUREN, W.M.M.; JACOBS, D.R.; BLOEMBERG, B.P.M.; MENOTTI, A.; ARAVANIS, C.; BLACKBURN, H. BUZINA, R.; DONTAS, A.S.; FIDANZA, F.; KARVONEN, M.J.; NEDELJKOVIC, S.; NISSINEN, A.; TOSHIMA, H. Serum total cholesterol and long-term coronary heart disease mortality in different cultures: twenty-five-year follow-up of the Seven Countries Study. **Journal of American Medical Association,** v. 274, p.131–36, 1995.

WONG, H.Y. The cockerel as an animal model for atherosclerosis research. **Advances in Experimental Medical Biology**, v. 63, p. 381-389, 1975.

XAVIER, H.T. **Manual de dislipidemia e cardiometabolismo**. São Paulo: BBS Ed., 2004. 215 p.

YANNI, A.R. The laboratory rabbit: an animal model of atherosclerosis research. **Laboratory Animal,** v. 38, p. 246-56, 2004

ZHANG, Z.; WANG, H. JIAO, R.; PENG, C.; WONG, Y.M. YEUNG, V.S.Y.; HUANG, Y. CHEN, Z. Choosing hamster but not rats as a model for studying plasma cholesterol-lowering activity of functional foods. **Molecular Nutritional Food Research,** v. 53, p. 921-930, 2009.

CAPÍTULO 4

EFEITO DE UM PRODUTO DE AMARANTO SOBRE O PERFIL LIPIDÊMICO DE IDOSOS

RESUMO

O desenvolvimento de produtos que conferem benefícios à saúde da população é uma tendência recente, assim como o reconhecimento do papel destes produtos na dieta no tocante à prevenção e tratamento de doenças.

A alimentação dos idosos ganha ênfase na medida em que se verifica o progressivo crescimento deste segmento da população em nível mundial, demonstrando a preocupação em proporcionar qualidade de vida aos mesmos, diminuir os custos no setor de saúde, demonstrar cientificamente que a dieta pode alterar a prevalência de doenças crônicas não-transmissíveis e sua evolução, bem como proporcionar a educação nutricional desses idosos com maior consciência da relevância do auto-cuidado e de favorecer a própria saúde.

Realizou-se o presente estudo com o objetivo de avaliar a resposta ao consumo de um produto de amaranto no perfil lipidêmico de idosos, em vista de proporcionar uma alternativa na alimentação que auxilie na dietoterapia daqueles que apresentam dislipidemia.

Trata-se de um estudo de caso, de caráter prospectivo, com 20 idosos, entre 60 e 73 anos de idade, que receberam 50 g de pipoca de amaranto e 25 g de pipoca de arroz (placebo), ao longo de três meses. Os idosos estavam vinculados a Universidade Abertas da Terceira Idade (UNATIs) da UNESP de São José dos Campos-SP e ao Centro de Convivência de Idosos da Secretaria de Saúde de São José dos Campos-SP. A avaliação do estado nutricional foi determinada por variáveis antropométricas, bioquímicas e dietéticas, coletadas no tempo 1, tempo 2 e tempo 3. As variáveis antropométricas mensuradas foram peso (P), altura (A), prega cutânea tricipital (PCT), circunferência da cintura (CC),

circunferência do quadril (CQ), índice de massa corpórea (IMC), área muscular do braço corrigida (AMBc), e massa magra (MM) e a massa livre de gordura (MLG) através da bioimpedância elétrica (BIA). As variáveis bioquímicas mensurados foram: glicemia de jejum e perfil renal (uréia e creatinina), perfil lipídico (colesterol total, LDL-c, HDL-c, triglicérides) e proteína C-reativa. As variáveis dietéticas foram obtidas através do registro alimentar de três dias intercalados, no qual foram analisados o valor energético e o teor dos nutrientes (carboidratos, proteínas, lipídios, colesterol, fibras, cálcio e sódio). Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística, atraves de análise de variância (ANOVA), seguida do teste de comparação múltipla de Tukey e teste de Mann-Whitney. Como resposta à ingestão do produto de amaranto, foram observados os seguintes achados: nas variáveis antropométricas, foram observadas diferenças estatísticas no peso, IMC, CC, CQ, BIA MM%, sendo que ocorreu diminuição de peso médio encontrado nos idosos no valor de 1,54 kg; nas variáveis bioquímicas, constatou-se que houve diminuição significativa no HDL-c; e nas variáveis dietéticas registrou-se influência significativa nos valores de cálcio e fibras. Conclui-se que a pipoca de amaranto não teve efeito positivo no perfil lipidêmico dos idosos avaliados, mas apresentou mudanças antropométricas positivas.

Unitermos: amaranto; colesterol; idosos, avaliação do estado nutricional, dislipidemias.

ABSTRACT

The development of new food products and diets that confer health benefits to the population is a recent trend as a response of science and technology to the prevention of chronic diseases. Feeding the elderly has also gained new perspectives in recent times due to the progressive growth of this segment of the population the world over, in view of the need to improve the quality of life and lower the costs of health care. With regard to the role of diet on the control of chronic diseases, a substantial volume of literature suggests that both diet and nutritional education should result in a greater level of consciousness and self-care.

This study had the objective of evaluating the organic response of elderly people to the consumption of a product of amaranth grain, in terms of a possible improvement of their lipidemic profile.

A prospective case-study with 20 elderly subjects, ages between 60 and 73 yrs, 50 g of popped amaranth grain during three months. Supplements of 25 g of puffed rice were used as placebo. Their initial and follow-up nutritional stata were assessed by means of anthropometric (body mass [BM], height [H], tricipital skin fold [TSF], waist circumference [WC] hip circumference [HC], body mass index [BMI], corrected arm-muscle area [cAMA], lean body mass [leanBM] and per-cent fat free mass [FFM%] by bioimpedance), biochemical and dietetic parameters. The biochemical variables included fasted blood sugar and the renal profile (urea and creatinine), and the blood lipid profile that comprised: total, LDL and HDL-cholesterol, triacylglycerols, and C-reactive protein). Dietetic parameters were evaluated by means of 3-day food intake records that included carbohydrates, proteins, lipids, cholesterol, fiber, calcium, sodium and energy.

In response to the intervention, statistical differences were observed in BW, BMI, WC, HC, FFM% and bioimpedance, with a mean decrease in BW of 1.54 kg. Among the biochemical parameters, there was an unexpected drop in HDL-cholesterol, while the dietetic variables detected that the intervention influenced the intakes of calcium and fibers. It is concluded that although some important

anthropometric parameters were positive, the elderly subjects did not respond to the intervention by improving the blood lipid profiles, as expected from the literature.

Key-words: amaranth grain; cholesterol; elderly; nutritional status; dyslipidemia; bio-impedance

1. INTRODUÇÃO

1.1 Envelhecimento

O processo de envelhecimento individual apresenta particularidades, além da mera associação entre envelhecimento e idade cronológica. A longevidade evidencia apenas uma parcela de todo o processo do envelhecimento. A longevidade refere-se ao número de anos vividos por um indivíduo ou ao número de anos que, em média, as pessoas de uma mesma geração ou coorte viverão, entendidos como o conjunto de recém-nascidos em um mesmo tempo ou mesmo intervalo de tempo (CARVALHO e GARCIA, 2003).

Entretanto, é comum estabelecer a idade como indicador do início do envelhecimento, conforme a recomendação da Organização Mundial de Saúde (OMS), em 1984, no Relatório do Grupo de Especialistas sobre Epidemiologia e Envelhecimento. Esses consideram idosos os indivíduos a partir de 60 anos para os países em desenvolvimento, e a partir de 65 anos de idade, para os países desenvolvidos (WHO,1984). O texto *Demographic Yearbook* cita que na Organização das Nações Unidas (ONU), a idade de 60 anos é usada como ponto de corte que define a velhice (UNITED NATIONS ORGANIZATION, 1991).

A Legislação Brasileira, em concordância com a OMS, segundo a Lei nº 8.842/94, regulamentada pelo decreto nº 1948, de 3 de julho de 1996, em seu artigo nº 2, parágrafo único, diz que " *são considerados idosos as pessoas maiores de 60 anos, de ambos os sexos, sem distinção de cor, raça e ideologia*".

O aumento da população idosa é um fenômeno mundial, mas que afeta ao Brasil e associa-se à redução das taxas de fecundidade e mortalidade, aliada ao aumento da expectativa de vida. A transição demográfica e epidemiológica que vivenciamos se impõe como um desafio para gestores e pesquisadores dos sistemas de saúde, repercutindo na sociedade, de forma geral, e principalmente nos países com uma acentuada desigualdade social, pobreza e fragilidade das instituições (VERAS, 2009).

No Brasil, no último censo realizado em 2010, a população de pessoas com 65 anos ou mais já representava 7,4% da população total, ou seja, 14.081.480 milhões de pessoas com mais de 65 anos, como mostra a Figura 1 (IBGE, 2010).

Figura 1: Composição da população residente, segundo sexo e grupos de idade, Brasil, 2010.
Fonte: IBGE/ Censo Demográfico 2010.

O envelhecimento da população é um dos maiores desafios e conquistas que a humanidade atual vivencia (WHO, 2005). Esse não se constitui em um processo que deva basear-se meramente em índices demográficos, mas é preciso direcionar esforços para as conseqüências, mudanças, alterações, desafios e perspectivas futuras que ele sinaliza.

No envelhecimento ocorrem transformações multifatoriais, sob influência de fenômenos psicológicos, sociais, biológicos e funcionais. Dentre os

aspectos biológicos podemos destacar as mudanças fisiológicas, metabólicas e associadas à capacidade funcional que, por sua vez, levam à alteração das necessidades nutricionais. Há que se considerar, também, que a população idosa é heterogênea pela diversidade social, cultural, econômica e pela idade cronológica (JENSEN *et al.,* 2001, BREMANDER *et al*., 2007).

Encontram-se na população idosa, pessoas que apresentam incapacidades e doenças crônicas características, e outras pessoas, na mesma faixa etária, que se encontram ativas e sem doenças. Esta característica deve-se à presença de comorbidades e dos agravos a elas associados, que influenciam a qualidade de vida dos idosos (RODRIGUES e NUSSBACHER, 2005).

Velhice não é sinônimo de doença, mas encontramos nesta população prevalência elevada de pelo menos uma doença crônica não transmissível (DCNT) e, por outro lado, constatamos que houve um aumento na qualidade de vida dos idosos, aumentando a expectativa de vida (OLIVEIRA *et al*., 2006). Entretanto, a presença de doenças não deve ser o único fator na avaliação do estado de saúde. Envelhecimento saudável pressupõe o equilíbrio entre saúde física, mental, independência funcional e econômica, integração social e suporte familiar (ROSA *et al.*, 2003; RAMOS, 2003).

O risco de doenças arteriais coronarianas aumenta com a idade em homens e mulheres como um resultado progressivo do acúmulo de aterosclerose coronariana com o envelhecimento (ROSS, 1999).

A prevalência de dislipidemia em adultos com mais de 50 anos é maior que em grupos mais jovens, o que evidencia para a necessidade de orientação dietética, com o objetivo de diminuir o risco de doença arterial coronariana nesta faixa etária (MENDONÇA e FORGE, 1997).

1.2. Metabolismo lipídico

Os lípides são componentes encontrados nos alimentos constituídos de triglicérides – formados por ácidos graxos e glicerol, fosfolipídios, colesterol,

ésteres de colesterol, uma pequena fração de ácidos graxos livres e vitaminas lipossolúveis e seus compostos relacionados – carotenóides, tocotrienóis e tocoferóis, principalmente alfa-tocoferol (MURRAY *et al.*, 2002).

As lipoproteínas são responsáveis pelo transporte dos lípides na circulação linfática, sanguínea e no interstício. As lipoproteínas são classificadas em subfrações como quilomícrons (QM), remanescentes de quilomícrons (QMr), lipoproteínas de muita baixa densidade (VLDL), de densidade intermediária (IDL), de baixa densidade (LDL) e de alta densidade (HDL). No plasma, as lipoproteínas sofrem a ação de enzimas e proteínas de transferência e devido a isso, elas passam por transformações durante o trânsito plasmático (LOTTENBERG, 2009; DANIELS *et al*., 2009).

O mecanismo de transporte das lipoproteínas é realizado por três vias: exógena, endógena e a reversa. Em termos fisiológicos, estas três vias ocorrem de forma simultânea e interativa (GURR, FRAYN e HARWOOD, 2002).

A via exógena envolve os componentes lipídicos originados da dieta. Os QM, juntamente com a VLDL, transportam os triglicérides alimentares e os de síntese hepática, que após serem hidrolisados pelas lipases gástrica, intestinal e pancreática, originando ácidos graxos e monoglicerídeos, são absorvidos nas vilosidades intestinais e reesterificados, formando di e triglicérides. Os QM contêm as apolipoproteínas B48, A-I, A-II e A-IV, e são sintetizados chegando à circulação sanguínea através do ducto torácico, e quando adquirem apoC e apoE da lipoproteína de alta densidade (HDL) circulante. Quando a apo CII entra em contato com os capilares endoteliais, a enzima lipase lipoproteína periférica (LLP) hidrolisa os triacilgliceróis formando os remanescentes dos quilomícrons (QMr), os quais são reconhecidos por receptores de LDL (tipo B/E) ou pela proteína relacionada ao receptor de LDL (LRP-1), para, em seguida serem catabolizados no fígado. Ácidos graxos com menos de 12 átomos de carbono são absorvidos na forma não esterificada, passando diretamente para a circulação portal e atingindo o fígado, onde são metabolizados pela ß-oxidação (GURR, FRAYN e HARWOOD, 2002; WELCH e BORLAK, 2008).

A via endógena relaciona-se com a secreção da lipoproteína de muito

baixa densidade (VLDL) pelo fígado e envolve a liberação de ácidos graxos presentes nas lipoproteínas aos tecidos pela ação das lipases de lipoproteínas periférica (LLP) e hepática (LLH) (WELCH e BORLAK, 2008). Sob a ação das lipases, as lipoproteínas de baixa densidade (LDL) são formadas e respondem pelo transporte de 65 a 70% do colesterol plasmático. A LDL se liga a receptores celulares específicos, resultando em complexo LDL-receptor, que é internalizado e degradado, sendo que dois terços das LDL circulantes são removidos via receptor B/E (LOTEMBERG, 2009).

A terceira via consiste no transporte reverso do colesterol (TRC) e a principal partícula envolvida é a HDL, que possui três origens: hepática, intestinal e produto da metabolização de lipoproteínas, como quilomícrons e VLDL. O TRC apresenta uma importância na redução do acúmulo de colesterol nas paredes das artérias e consequentemente é um dos mecanismos que reduz o desenvolvimento da aterosclerose (SVIRIDOV e NESTEL, 2002; DANIELS *et al*., 2009). Nesta via, ocorre a ação das proteínas *ATP Binding Cassete* (ABCA1) e *Cholesteryl Ester Transfer* (CETP). A proteína ABCA1 transporta o colesterol intracelular para a superfície, ligando-se à apolipoproteína A1, que transfere os fosfolipídios e colesterol para a HDL discoidal, favorecendo a formação e manutenção dos níveis plasmáticos de HDL. Por outro lado, a CETP facilita a transferência de ésteres de colesterol da HDL para lipoproteínas que contenham apo B, tais como VLDL e LDL (YOKOYAMA, 2000; GURR, FRAYN e HARWOOD, 2002).

O TRC inicia-se na captação de colesterol livre das membranas plasmáticas por meio das pré-ß-HDL que se transformam gradativamente em HDL3, e sob a ação da enzima lecitina colesterol aciltransferase (LCAT), que é responsável pela esterificação do colesterol (LOTTENBERG, 2009). Estas lipoproteínas são removidas da circulação através do receptor hepático SR-BI (*scanveger receptor type BI*), favorecendo sua reutilização ou excreção hepática sob a forma de ácidos bilares (ACTON *et al.*, 1996). Estes mecanismos transferem o colesterol dos tecidos para o fígado via receptores específicos, sendo que esse poderá ser armazenado na forma de éster de colesterol nas VLDL para a secreção no plasma ou ser excretado na bile na forma livre de ácidos biliares após sofrer a

ação da enzima 7-alfa-hidroxilase (CYP7A1). O colesterol e os ácidos biliares poderão ser reabsorvidos pelo intestino delgado, iniciando o ciclo enterohepático ou serem excretados pelas fezes (IKONEN, 2008).

1.3 Perfil lipídico em idosos

As dislipidemias são definidas como distúrbios do transporte dos lipídeos que resultam de anormalidades metabólicas na síntese ou degradação das lipoproteínas plasmáticas, que alteram as concentrações dos seus diferentes componentes na circulação (NCEP, 2001).

A redução do nível de colesterol plasmático tornou-se um dos principais objetivos na prevenção de doenças cardíacas coronarianas (VERSCHUREN *et al.,* 1995). O colesterol total e LDL-c (*low-density lipoprotein cholesterol)* têm relação direta com a mortalidade e morbidade por doença arterial coronariana. Quando ocorre somente aumento de triglicérides, este fato não implica em fator de risco independente de doença coronariana, entretanto, quando este aumento está associado ao alto nível de LDL-c (*low-density lipoprotein cholesterol)* e ao baixo nível de HDL-c (h*igh-density lipoprotein cholesterol)*, então esta associação constitui-se em fator de risco para doença arterial coronariana. O HDL-c atua no transporte reverso do colesterol, diminuindo ou estagnando a formação da placa aterosclerótica (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA, 2007).

A maioria dos eventos coronários nos idosos ocorre na presença de valores lipídicos discretamente alterados ou quando a dislipidemia está associada a outros fatores de riscos (FILHO e NETTO, 2006).

O perfil de saúde cardiovascular elaborado pelo *National Cholesterol Education Program* (NCEP, 2001) apresenta como fatores de risco para o aparecimento de doenças cardiovasculares os seguintes itens:

- idade e sexo: o risco de doença cardiovascular aumenta de acordo com a idade, principalmente a partir de 45 anos para homens e 55 anos para mulheres;
- história familiar: o parentesco de primeira relação com indivíduos que

apresentaram doença cardiovascular prematura representa fator de risco;

- tabagismo: indivíduos que não são tabagistas ou deixaram de fumar estariam diminuindo o risco de doenças cardiovasculares;
- hipertensão arterial sistêmica: níveis pressóricos devem esta inferiores a 140/90 mm Hg;
- HDL-c: nível sérico inferior a 40 mg/dL representa um risco para o aparecimento e desenvolvimento de doença cardiovascular, enquanto que a partir de 60 mg/dL é um fator de proteção.
- LDL-c: na presença de doença arterial coronariana instalada, o nível de LDL-c deve ser menor que 100 mg/dL; na presença de dois ou mais fatores de risco citados acima, o nível de LDL-c deve ser menor que 130 mg/dL ; e na presença de até um desses fatores de risco, o LDL-c deve ser menor que 160 mg/dL.

As IV Diretrizes Brasileira sobre Dislipidemias e Prevenção da Aterosclerose da Sociedade Brasileira de Cardiologia de 2007, classificam as dislipidemias de forma laboratorial e etiológica:

- a forma laboratorial das dislipidemias podem ser classificadas fenotipicamente através de análises bioquímicas, considerando os valores de colesterol total, HDL-C, LDL-C, e TG, para identificação dos quatros tipos principais:
    - Hipercolesterolemia isolada: considera o valor de LDL-c acima de 160 mg/dL.
    - Hipertrigliceridemia isolada: considera o valor de TG acima de 150 mg/dL.
    - Hiperlipidemia mista: valores aumentados de LDL-c acima de 160 mg/dL e TG acima de 150 mg/dL. Nos casos em que o TG estiver acima de 400 mg/dL, quando o cálculo do LDL-c pela fórmula de Friedewald é inadequado, a hiperlipidemia mista será considerada se o colesterol total for maior ou igual a 200 mg/dL.
    - HDL-c baixo: redução do HDL-c em homens menor que 40 mg/dL e

mulheres menor que 50 mg/dL isolada, ou em associação com aumento de LDL -c ou de TG.

- a forma etiológica das dislipidemias podem ser classificadas em :
    - primárias: de origem genética;
    - secundárias: causada por hábito alimentar, uso de medicamentos ou doença, como: hipotireodismo, diabetes mellitus, síndrome nefrótica, insuficiência renal crônica, obesidade, alcoolismo, icterícia obstrutiva, uso de altas doses de diuréticos, betabloqueadores, corticosteróides, anabolizantes (SBC, 2007).

De acordo com *National Cholesterol Education Program* (NCEP, 2001), o principal tipo de dislipidemia é secundário e associado ao hábito alimentar, o que demostra a importância da alimentação em termos qualitativos e quantitativos (BEVILACQUA *et al.*, 2007).

De acordo com o *Framinghan Study* a hipercolesterolemia em faixa etária mais avançada é mais prevalente em mulheres do que em homens, sendo mais freqüente na idade entre 65 a 74 anos. A partir dos 75 anos, a prevalência de hipercolesterolemia reduz gradualmente (THOMPSON, 1998).

Estudos epidemiológicos sugerem que embora haja uma diminuição do risco relativo com a idade, as dislipidemias continuam sendo um fator de risco para doenças coronarianas, entretanto o risco absoluto de morbidade e de mortalidade, ao contrário, aumenta com o envelhecimento (LIBERMAN *et al.*, 2005).

Os valores sanguíneos do colesterol total (CT), dos triglicérides (TG) e da fração de LDL-c aumentam com a idade, ao passo que os de HDL-c pouco se alteram. Acima dos 65 anos, 25% dos homens e 42% das mulheres apresentam CT maior que 240mg/dL; 30% dos homens e 50% das mulheres têm LDL-c maior que 160mg/dL. É importante lembrar que, nos idosos, os valores lipídicos podem ser inferiores ou ter nível superior ao que apresentavam quando mais jovens, principalmente se ocorrer, respectivamente, perda ou ganho de peso. Ressalta-se, ainda, que medicamentos frequentemente utilizados pelos idosos (diuréticos

tiazídicos e bloqueadores beta-adrenérgicos) são capazes de provocar alterações nos níveis lipídicos (elevação de TG, diminuição de HDL-c) (FILHO e NETTO, 2006; MORIGUCHI *et al.*, 2007).

Os valores de referência dos lípides para indivíduos acima de 20 anos de idade, segundo a Sociedade Brasileira de Cardiologia (2007) encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1: Valores de referência de lípides para indivíduos acima de 20 anos.

Lípides	Valores (mg/dl)	Categoria
Colesterol	< 200	Ótimo
	200 - 239	Limítrofe
	≥ 240	Alto
LDL-c	< 100	Ótimo
	100 – 129	Desejável
	130 – 159	Limítrofe
	160 – 189	Alto
	≥ 190	Muito alto
HDL-c	< 40	Baixo
	> 60	Alto
Triglicérides	< 150	Ótimo
	150 – 200	Limítrofe
	200 - 499	Alto
	≥ 500	Muito alto

FONTE: SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA. IV Diretrizes Brasileiras sobre Dislipidemias e Diretriz de Prevenção da Aterosclerose do Departamento de Aterosclerose da Sociedade Brasileira de Cardiologia, 2007.

A conduta inicial para o tratamento das dislipidemias é a intervenção dietética, indicada isoladamente ou associada à terapia farmacológica (SBC, 2007). A dieta exerce papel fundamental na prevenção e controle desses distúrbios e das doenças a eles relacionadas (FORNES *et al.*, 2002; BEVILACQUA *et al.*, 2007; SILVA e SALDANHA, 2007; FROTA *et al*., 2010).

Sendo a dieta uma das principais formas de controle das dislipidemias, deve-se ressaltar o potencial dislipidêmico e aterogênico dos alimentos, e que se relaciona ao seu conteúdo de colesterol, gorduras saturadas e total energético da dieta (CONNOR *et al*., 1993; YU-POTH, 2000). Em contrapartida, os alimentos possuem outras substâncias, cujo papel na redução das dislipidemias têm sido

comprovado. Podemos citar as fibras (solúveis e insolúveis), certas proteínas vegetais, vitaminas, antioxidantes naturais (isoflavonas, fitoesteróis, tocotrienóis), ácidos graxos mono e polinsaturados (ARTAUD-WILD, 1994; SILVA e SALDANHA, 2007; FROTA *et al*., 2010).

1.4 Pipoca de amaranto

O consumo do grão é mais comum sob a forma expandida como pipoca, como também pode ser consumido sob a forma de extrusado (CHAVÉZ-JÁUREGUI *et al*., 2000), cozido, tostado, em flocos (BRESANI *et al*., 1993) e incorporado a massas e biscoitos (BRENNER e WILLIANS, 1995). No México a variedade *A. cruentus* é utilizada na confecção de bolachas chamadas “alegria”, na qual se utiliza o amaranto estourado como pipoca (IRVING *et al.*, 1981).

A composição nutricional da pipoca de amaranto se encontra abaixo, transcrita da ficha técnica do produto (Tabela 2), fornecida pelo fabricante.

Tabela 2: Composição nutricional da pipoca de amaranto (100 g).

Nutrientes	
Energia (kcal)	394,00
Proteína (g)	13,20
Carboidratos (g)	72,40
Gordura saturada (g)	5,76
Cinzas (g)	2,33
Cálcio (mg)	211,00
Ferro (mg)	18,33

A pipoca de amaranto é preparada em um processo tecnológico fácil, originando um produto acessível a toda a população, e com um sabor característico (BRESSANI *et al*., 1992). Encontramos vários métodos de pipocamento de grãos de amaranto, desde o convencional, que usa chapa metálica quente, passando pelo fluxo de ar quente, vapor superaquecido em

sistema de leito fluidizado, até o uso de extrusoras adaptadas (SINGHAL e KULKARNI, 1991; TOVAR *et al*., 1994; TOSI *et al*., 1996; TIKEKAR e KARWE, 2009). O processo da confecção de pipoca é feito sobre um prato quente, que tem sido usado por séculos para os grãos de amaranto (LARA e RUALES, 2002). Os grãos secos podem ser "pipocados" se estão a uma temperatura por volta de 200ºC (FUENTE e TOVAR, 1995). O calor causa evaporação do conteúdo de água contido na matriz de amido. Durante o pipocamento ocorre a mudança do estado da água, de líquido para vapor, em um curto espaço de tempo, o que causa expansão do grão. O vapor interno aquece, parcialmente, os diferentes tecidos do grão, principalmente o perisperma, o que causa a expansão dos grânulos de amido, a desnaturação das proteínas de reserva e a ruptura da casca dos grãos (TOVAR *et al*., 1994; SCHWARTZBERG *et al*., 1995; BERGHOFER e SCHOENLECHNER, 2002; LARA e RUALES, 2002; KONISHI *et al*., 2004; ZAPOTOCZNY *et al*., 2006).

Visando proporcionar uma alternativa de alimentação que auxilie na dietoterapia de idosos, que se encontrem com os níveis lipidêmicos altos, este estudo teve como objetivo avaliar a resposta ao consumo de um produto de amaranto no perfil lipidêmico desta população.

2. CASUÍSTICA

2.1 Modelo do estudo

Estudo de caso, prospectivo, com duração de 12 semanas, seguido de intervenção nutricional conduzida entre agosto de 2010 a janeiro de 2011.

2.2 População

Os participantes da pesquisa, no total de 56 idosos, foram selecionados entre freqüentadores de Universidade Aberta da Terceira Idade/UNESP-SJC e do Centro de Convivência de Idosos da Secretaria de Saúde de São José dos

Campos. A faixa etária dos sujeitos da pesquisa foi superior a 60 anos de idade, sendo esses de ambos os sexos, com alterações no perfil lipídico comprovadas por exames bioquímicos, além de índice de massa corporal (IMC) maior que 22 kg/m^2 e sem uso de medicação específica.

Os critérios de exclusão foram os seguintes: associação com enfermidades renais, enfermidades hepáticas, neoplasias, má-absorção, insuficiência cardíaca congestiva, diabetes tipo 1 e tipo 2, endocrinopatias.

O protocolo de pesquisa foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências Médicas da UNICAMP, Campinas – SP, Brasil, aprovado sob o nº 880 em novembro de 2007. O consentimento livre e esclarecido foi obtido em todos os casos (ANEXO 4).

2.2.1 Intervenção nutricional

No inicio da pesquisa, os voluntários foram convocados em jejum de 12h para a primeira coleta de sangue. Após a amostragem, foi oferecido café da manhã a todos. A seleção dos pacientes foi feita por entrevistas e análises bioquímicas realizadas para a comprovação do preenchimento dos requisitos necessários para a participação no estudo.

Os pacientes foram avaliados quanto às variáveis antropométricas e dietéticas antes de iniciarem a ingestão do produto dietético e foram randomicamente distribuídos em dois grupos: amaranto e arroz . O alimento utilizado como placebo foi a pipoca de arroz.

Antes de iniciar a ingestão do produto, foi distribuído um manual explicativo individual, contendo o nome do paciente, o nome e telefone de contato da pesquisadora responsável, explicações sobre o preparo e o horário de ingestão do produto dietético, instruções sobre as anotações do registro alimentar (ANEXO 5), impressos para as anotações do registro alimentar, calendário para a ingestão do produto dietético com orientações e espaços para anotar nos horários e dias em que foi ingerido (ANEXO 6).

O seguimento da ingestão do produto dietético foi realizado

semanalmente através de contato telefônico e quinzenalmente por visitas ao consultório, sendo investigados: uso correto e tolerância do mesmo.

A quantidade fornecida dos produtos foi 50 g de pipoca de amaranto e 25 g de pipoca de arroz. Todos os sujeitos da pesquisa ingeriram tanto pipoca de amaranto quanto pipoca de arroz. Ao início da intervenção denominamos de "Tempo 1", após 45 dias do início da ingestão da pipoca de amaranto ou da pipoca de arroz denominou-se de "Tempo 2" e no final da intervenção, após 90 dias do início, denominou-se de "Tempo 3", conforme Figura 2.

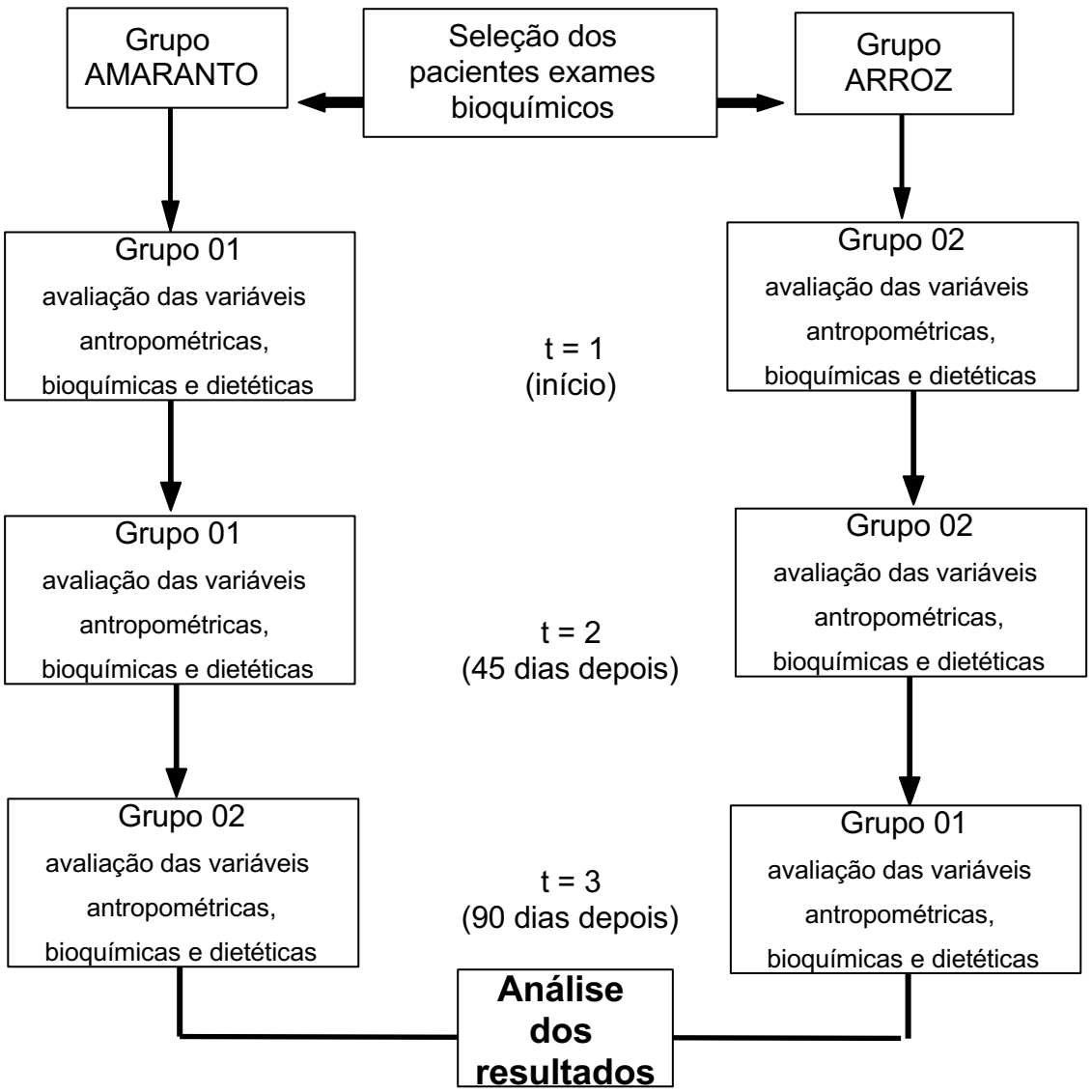


Figura 2: Fluxograma representando o delineamento da intervenção.

2.3. MATERIAL E MÉTODOS

2.3.1 Análise de aminoácidos da pipoca de amaranto

A pipoca utilizada foi originária da Bolívia, importada pela empresa Irupana Andean Organic Food, variedade *Amaranthus Caudatus,* adquirida na zona cerealista de São Paulo. O objetivo desta análise foi verificar a ocorrência de perdas de aminoácidos durante o processamento da pipoca.

A análise de aminoácidos da pipoca de amaranto foi realizada segundo a metodologia descrita por White, Hart e Kry (1986) e modificada por Hangen, Frost e Augustin (1989). As proteínas da pipoca foram hidrolisadas com ácido clorídrico 6 N, durante 24 horas. Após hidrólise, foi adicionado às amostras fenilisotilcianato (PITC). Os aminoácidos foram separados por HPLC em fase reserva e detectados e quantificados por detector UV a 254 nm. A quantificação foi feita por calibração interna multinível, utilizando ácido alfa-aminobutírico (AAAB) como padrão interno. As análises de aminoácidos foram realizadas no Laboratório de Fontes Protéicas, do Departamento de Alimentos e Nutrição/FEA/UNICAMP.

2.3.2 Análise de fibras da pipoca de amaranto

A determinação da fibra alimentar solúvel e insolúvel foi feita pelos métodos da AOAC (993.19, ação final de 1996 e 985.29, ação final de 1986). O objetivo desta análise foi verificar a quantidade de fibras solúveis e insolúveis específicas deste produto.

Foram pesados 1 g de amostra em tubo digestor, adicionado 150 mL de H_2SO_4 (1,25%), após o que foram digeridos por 30 minutos em ebulição. Após este período, as amostras foram filtradas à vácuo, utilizando tela malha de 200 mesh, com o auxílio de água quente. No resíduo foi acrescentados 150 mL de NaOH (1,25%) e colocado sob fervura por 30 minutos para digestão. Em seguida, realizou-se a filtragem em quente, utilizando um papel de filtro previamente tarado, lavando o resíduo final com água quente. O papel de filtro foi recolhido e colocado

em um cadinho para secagem a 150º C, por 3 horas. As amostras foram resfriadas, pesadas e incineradas em mufla a 550º C por 2 horas, sendo novamente pesadas após resfriamento. O conteúdo de fibra deu-se a partir do cálculo de diferença de peso, com a subtração do teor de cinzas do resíduo. As análises de fibras foram realizadas no Laboratório CBO Assessoria e Análise, em Campinas/SP.

2.3.3 Variáveis antropométricas

As variáveis antropométricas foram utilizadas como forma de monitoramento dos sujeitos da pesquisa.

As variáveis antropométricas mensurados foram: peso (P), altura (A), índice de massa corpórea (IMC), prega cutânea tricipital (PCT), circunferência do braço (CB), circunferência da panturrilha (CP), circunferência da cintura (CC), circunferência do quadril (CQ), área muscular do braço corrigida (AMBc), e a bioimpedância elétrica (BIA) para verificar a massa magra (MM) e a massa livre de gordura (MLG).

O peso foi aferido pela mesma pessoa, colocando-se em pé, descalço, com o mínimo de vestuário, utilizando a mesma balança mecânica tipo plataforma, marca WELMY, calibrada, com capacidade de 150 kg e sensibilidade de 100 g, régua antropométrica com escala de 2,00 m e divisões de 0,50 cm.

A estatura foi mensurada utilizando a régua antropométrica acoplada às balanças. Os pacientes foram colocados com os pés unidos, de costas para o suporte, em posição ereta, olhando para frente (plano horizontal de Frankfurt). A leitura da estatura realizada foi até 0,5 cm da escala. O peso e a estatura foram mensurados com base nas técnicas propostas por GORDON *et al.* (1988)

O índice de massa corporal (IMC) foi calculado considerando-se a razão peso atual (kg) e o quadrado da estatura (m²). Foram utilizados como critério diagnóstico do estado nutricional os pontos de corte propostos pelo NUTRITION SCREENING INITIATIVE (2002) (Tabela 3).

Tabela 3: Classificação do Estado Nutricional de Idosos, segundo o IMC.

IMC (kg/m^2)	Classificação
< 22	Magreza
22 a 27	Eutrofia
> 27	Excesso de Peso

Fonte: NUTRITION SCREENING INITIATIVE, 2002.

A medida de circunferência do braço foi feita com a fita flexível e inextensível (TBW Importadora Ltda.), com os pacientes em pé, tronco alinhado com as pernas e os braços. Para a determinação do local onde a fita devia ser colocada, o cotovelo do indivíduo foi dobrado até formar um ângulo de 90º e a palma da mão ficou voltada na direção do tronco; foi, então, foi marcado o ponto médio entre o osso acrômio e o osso olécrano com o braço não dominante dobrado na posição de 90º. Marcou-se o ponto com uma caneta. O braço foi estendido ao longo do corpo com a palma da mão voltada para frente e a fita circundou o ponto médio do braço, sem comprimir os tecidos, e obteve-se o valor da circunferência em cm. A circunferência do braço foi realizada com base nas técnicas de CALLAWAY et al. (1988).

A prega cutânea tricipital (PCT) foi mensurada com os idosos em posição ereta, com o braço direito estendido e os ombros relaxados, conforme procedimento descrito por FRISANCHO (1984). Para a obtenção da medida, a pele e o tecido adiposo foram pinçados com o dedo indicador e o polegar cerca de 1 cm acima do ponto médio entre o osso acrômio e o osso olécrano, sendo a leitura da medida realizada com o equipamento *Lange Skinfold Caliper* (Cambridge Scientific Industries - U.S.A .), com precisão de 0,1 mm, após 2 a 3 segundos de pinçamento. A diferença entre as medidas resultantes foi de, no máximo, 0,4 mm. A tomada de pregas foi efetuada sob forma de rodízio com três repetições visando diminuir o erro de medição, e adotando o valor da média aritmética entre as medidas tomadas. Os valores de prega cutânea tricipital,

circunferência do braço e área muscular do braço corrigida, foram comparados com as referências segundo FRISANCHO (1990).

Para o cálculo da área muscular do braço corrigida (AMBc) foram utilizadas as equações propostas por HEYMSFIELD *et al.* (1983)*:*

$$\textbf{Homens:}\quad AMBc\ (cm^2) = \frac{[CB(cm) - \pi \times PCT\ (mm) : 10]^2}{4\ \pi} - 10$$

$$\textbf{Mulheres:}\quad AMBc\ (cm^2) = \frac{[CB(cm) - \pi \times PCT\ (mm) : 10]^2}{4\ \pi} - 6{,}5$$

Onde: CB = Circunferência do braço (cm)
PCT = Prega cutânea tricipital (mm)
π = 3,1416

Na bioimpedância elétrica (BIA), a resistência e a reactância corporal foram medidas utilizando-se um analisador de composição corporal (modelo BIA 450, Biodynamics Corporation, Seattle, Washington, USA). A medida foi realizada como descrito por LUKASKI *et al*. (1985). As medidas da resistência, da reactância e ângulo de fase, foram disponibilizados e impressos pelo aparelho.

Para a realização do teste de BIA, algumas recomendações foram seguidas:

- As medidas foram feitas com o indivíduo deitado, na posição supina, com braços e pernas abduzidos a 45 graus, a partir do corpo.
- Imediatamente antes da colocação dos eletrodos, as áreas de contato foram limpas com álcool.
- Um eletrodo emissor (pinça preta) foi colocado próximo à articulação metacarpo-falângea da superfície dorsal da mão direita e o outro distal do arco transverso da superfície superior do pé direito.
- Um eletrodo detector (pinça vermelha) foi colocado entre as proeminências distais do rádio e da ulna do punho direito e o outro, entre os maléolos medial e lateral do tornozelo direito.
- Foram removidos jóias e objetos de metal que estavam nos locais onde foram colocados os eletrodos.

- Os pacientes se encontravam em jejum de 12 horas.
- Os pacientes foram orientados a irem ao banheiro, 30 minutos antes do exame.

Para a medida da circunferência da cintura, utilizou-se o procedimento descrito por CALLAWAY *et al.* (1991), a saber, o avaliado em pé com abdômen relaxado, os braços descontraídos ao lado do corpo, a fita colocada horizontalmente no ponto médio entre a borda inferior da última costela e a crista ilíaca; as medidas foram realizadas com a fita firme sobre a pele; todavia, sem compressão dos tecidos. Foi utilizada uma fita métrica flexível com precisão de 1 mm.

Para perímetro do quadril, foram seguidos os mesmos passos descritos por CALLAWAY *et al.* (1991): a fita métrica foi colocada horizontalmente em volta do quadril na parte mais saliente dos glúteos.

2.3.4 Variáveis bioquímicas

As análises foram efetuadas no Laboratório de Bioquímica e Laboratório de Fisiologia, do Hospital de Clínicas da Faculdade de Ciências Médicas – UNICAMP. As coletas realizadas na cidade de São José dos Campos - SP foram efetuadas pelo Laboratório Biomed S/A, sendo que as amostras foram centrifugadas, congeladas e armazenadas em recipiente térmico para transporte até o Laboratório de Bioquímica do Hospital de Clínicas da Faculdade de Ciências Médicas – UNICAMP.

As variáveis bioquímicas mensurados foram, primeiramente as dosagens de glicemia, uréia e creatinina, para que fossem excluídos pacientes que apresentassem quaisquer anormalidades nas mesmas no início da intervenção e para que houvesse monitoramento destas dosagens no decorrer da pesquisa. Em seguida, foram realizadas as dosagens de perfil lipídico (colesterol total, LDL-c, HDL-c, triglicérides). O volume de sangue coletado foi de 16 mL por paciente.

O exame de glicemia foi realizado por método enzimático-colorimétrico. As amostras de sangue não contendo anti glicolítico foram centrifugadas imediatamente após a colheita e o soro separado do coágulo. Confirmaram-se em todos os casos o jejum de 12 horas, sendo utilizada amostra do soro.

As dosagens de uréia foram realizadas pelo método enzimático acoplado urease/glutamato-desidrogenase (GLDH), como descrito por TALKE e SCHUBERT (1965). Para a dosagem, foi utilizada amostra do plasma heparinizado, não contendo anticoagulante à base de amônia. Foram utilizados os kits UREA/BUN da Roche® para Teste UV cinético para uréia/azoto uréico em analisadores de leitura cinética Roche/Hitachi 917.

As dosagens de creatinina foram realizadas pelo método creatinina Jaffé, como descrito por POPPER *et al.* (1937) e modificado por BARTELS *et al.* (1972). Para a dosagem foi utilizada amostra do plasma heparinizado. Foram utilizados os kits CREA da Roche® e analisadores Roche/Hitachi 917.

As dosagens do colesterol total foram realizadas por teste enzimático-colorimétrico, com os kits CHOL colesterol CHOD-PAP da Roche®. A dosagem de LDL-c foi realizada por teste enzimático com o Kit LDL-C plus “2nd generation” da Roche®. A dosagem de HDL-c foi realizada por teste enzimático, com o kit HDL-C plus “2nd generation” da Roche®. A dosagem de triglicérides foi realizada por teste enzimático, segundo o método de WAHLEFELD e BERGMEYER (1974), com o kit TG triglicérides GPO-PAP, da Roche®. Todas as análises foram realizadas utilizando analisadores automáticos Roche/Hitachi 917. Para as dosagens foi utilizada amostra do plasma (heparinizado).

A dosagem de proteína C-reativa foi realizada pelo método de imunonefelometria, por concentração de partículas, em nefelômetro Array 360 da marca Beckman instruments, Ine., modelo 4480, utilizando-se o reagente N de PCR de alta sensibilidade (Dade Behring, Alemanha). A sensibilidade do método é de 0,01 mg/dl, que pode ser usado para indivíduos saudáveis. As dosagens foram analisadas no Laboratório de Imunologia do Departamento de Patologia Clínica do Hospital de Clínicas/HC da UNICAMP. Foram coletadas amostras de sangue em tubo seco de 10 ml. Essas amostras foram centrifugadas e aliquotadas nos seus

respectivos tubos e acondicionadas em *freezer* a -20ºC para dosagem de PCR. Após o uso, foram descartadas em local apropriado.

2.3.5 Variáveis dietéticas

O método de avaliação de consumo alimentar utilizado foi o registro alimentar de três dias, sendo que os dados coletados foram transcritos em fichas distribuídas junto com o Manual do Paciente. Estas fichas abrangeram três dias intercalados, sendo que pelo menos um dia era referente ao fim de semana (sábado ou domingo). O Manual do Paciente incluía um calendário, onde estava definido os dias em que seriam realizados os registros alimentares, sendo que os pacientes compareciam a consulta dois dias antes de iniciarem os registros. Através de registro alimentar de três dias, procurou-se mensurar a ingestão energética e as quantidades de macronutrientes (carboidratos, proteínas e lipídios, incluindo colesterol e fibras) e micronutrientes (cálcio, sódio), além do tipo e preparação de alimento e quantidade em medidas caseiras.

Os idosos foram orientados na coleta dos dados por meio do registro alimentar de três dias e na transcrição destes dados nas fichas do Manual. Posteriormente, estas fichas foram recolhidas pela pesquisadora responsável e analisadas com o auxílio de programa específico.

As quantidades de alimentos e preparações ingeridas foram expressas em medidas caseiras e porções, sendo convertidas em gramas de alimentos, tomando como referência os valores de medidas caseiras encontrados na literatura (PINHEIRO *et al*., 2002) e calculados com base no *software DietPro* 5.0, versão para *Windows* (BRESSAN e ESTEVES, 2001) para a análise dos dados.

Os dados foram submetidos à análise dos nutrientes e energia constantes das dietas ingeridas, mediante comparação com padrões estabelecidos pelas DRI *(Dietary Reference Intakes)* (NATIONAL RESEARCH COUNCIL,1997, 2002).

2.4. Análise Estatística

Para efeito dos cálculos estatísticos, foram considerados para notações:

- tempo 1 (t1): início da intervenção do grupo amaranto (Am-Ar);
- tempo 2 (t2): fim da intervenção do grupo amaranto (Am-Ar) e início da intervenção do grupo arroz (Ar-Am);
- tempo 3 (t3): fim da intervenção no grupo arroz (Ar-Am).

Para descrever o perfil da amostra segundo as variáveis em estudo, foram feitas estatísticas descritivas das variáveis contínuas (parâmetros antropométricos, exames bioquímicos) incluindo média, desvio padrão, valores mínimo e máximo, mediana e quartis (MILLIKEN e JOHNSON, 2008; MONTGOMERY e DOUGLAS, 2004).

Para as variáveis contínuas no basal entre os grupos foi utilizado o teste de Mann-Whitney, devido à ausência de distribuição normal das variáveis (SIEGEL, 2006).

Para comparação das variáveis numéricas entre os 2 grupos e entre as 3 avaliações, foi utilizada a análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas para um experimento do tipo *crossover*, seguida do teste de comparação múltipla de Tukey para comparar os grupos em cada momento, e o teste de perfil por contrastes para analisar a evolução entre os tempos, em cada grupo (CONOVER, 1998). Devido à ausência de distribuição normal, as variáveis foram transformadas em postos (*ranks*). O nível de significância adotado para os testes estatísticos foi de 5%, ou seja, $p<0,05$.

Para análise estatística foi utilizado o seguinte programa computacional: The SAS System for Windows (Statistical Analysis System), versão 8.02. (SAS, 2001; KHATTREE e NAIK, 1999).

3. RESULTADOS

3.1 Pipoca de amaranto

A composição aminoacídica foi realizada para verificar a quantidade

existente de aminoácidos neste produto (Tabela 4).

Tabela 4: Composição aminoacídica da pipoca amaranto, média e desvio-padrão e padrão de aminoácidos essenciais de acordo com a FAO/WHO.

Aminoácido (g/100 g)	**Média (DP)**	**Amaranthus caudatus[1]**	**Padrão FAO/WHO[2]**
Ácido aspártico	0,95 (0,02)	-	-
Acido glutâmico	1,96 (0,04)	-	-
Serina	0,77 (0,01)	-	-
Glicina	0,98 (0,01)	8,1	-
Histidina	0,28 (0,01)	2,9	-
Arginina	1,24 (0,01)	9,3	-
Treonina	0,40 (0,01)	3,2	3,4
Alanina	0,51 (0,01)	-	-
Prolina	0,50 (0,01)	-	-
Tirosina	0,46 (0)	2,8	6,3**
Valina	0,52 (0,01)	4,9	3,5
Metionina	0,33 (0)	3,4	2,5*
Cistina	0,10 (0)	3,5	*
Isoleucina	0,45 (0)	4,0	2,8
Leucina	0,70 (0)	5,9	6,6
Fenilalanina	0,51 (0)	4,6	**
Triptofano	ND	ND	1,1
Lisina	0,66 (0,01)	6,5	5,8
Lisina/arginina	0,53 (0,01)	-	-

[1] Chavez-Jáuregui *et al.* (2000)
[2] Recomendação para adultos por FAO/WHO (1991)
* Metionina + Cisteína
** Fenilalanina + Tirosina
ND: dado não disponível

Os resultados obtidos revelam que a pipoca de amaranto apresenta teor de fibra alimentar solúvel de 13,21% e quantidades inferiores a 0,10% de fibra alimentar insolúvel, que se encontram abaixo do nível de detecção. Embora existam referências na literatura sobre a quantidade de fibras no grão de

amaranto, para a pipoca de amaranto não foi encontrado (ANEXO 7).

3.2 Características dos participantes

Após divulgação da pesquisa, cerca de 56 pessoas se inscreveram para a consulta prévia antes da efetivação da participação na pesquisa (Figura 3). Os idosos elegíveis, foram convocados, totalizando 24 participantes. Ao final da intervenção, 20 participantes completaram os três meses de estudo.

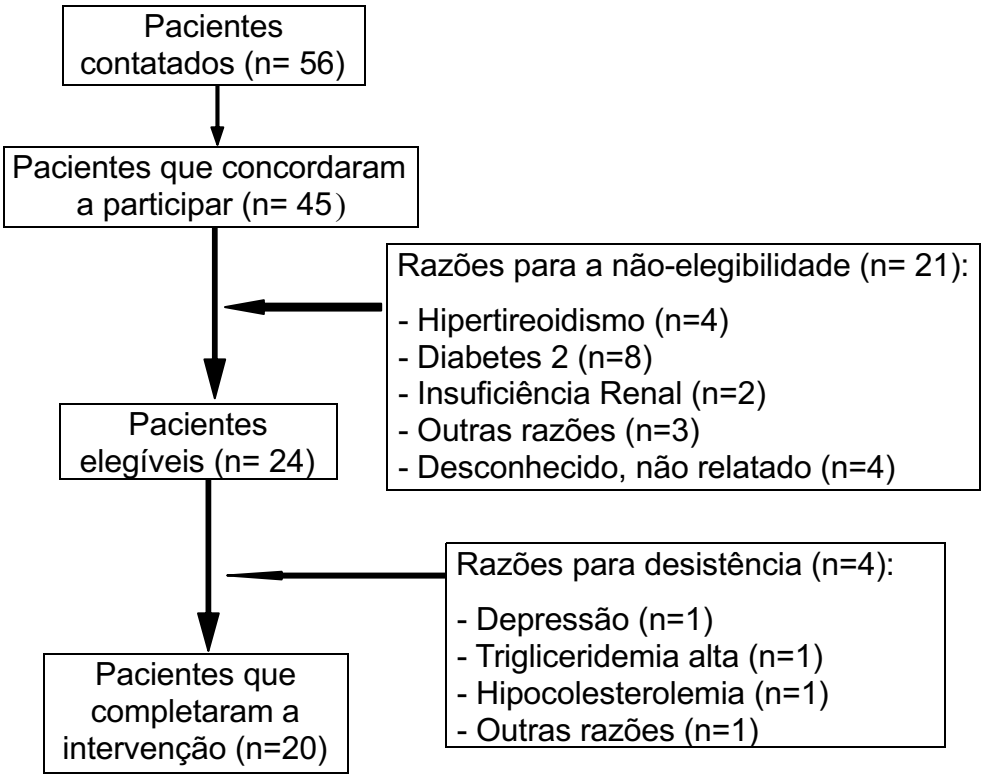


Figura 3: Fluxograma do protocolo de pesquisa.

3.3 Variáveis antropométricas

A tabela 5 apresenta a descrição das variáveis antropométricas para a caracterização da amostra durante o período de intervenção (t1, t2, t3).

Tabela 5: Análise descritiva das variáveis antropométricas da população de idosos (n = 20), em valores médios e desvios-padrão, durante a intervenção (t1, t2, t3).

Variáveis	tempo 1 média (DP)	tempo 2 média (DP)	tempo 3 média (DP)
Peso (Kg)	66,66 (12,97)	65,54 (12,78)	65,12 (12,94)
IMC (Kg/m^2)	27,41 (3,25)	26,96 (3,17)	26,77 (3,27)
CC (cm)	91,78 (12,21)	90,20 (11,07)	90,13 (10,97)
CQ (cm)	104,20 (7,63)	102,25 (7,76)	101,95 (8,04)
AMBc (cm^2)	26,72 (5,42)	25,70 (4,53)	26,09 (5,18)
BIA MM (%)	62,59 (4,17)	62,52 (4,91)	63,63 (4,45)
BIA MLG (%)	37,42 (4,12)	37,48 (4,90)	36,37 (4,45)

Índice de massa corpórea (IMC), circunferência da cintura (CC), circunferência do quadril (CQ), área muscular do braço corrigida (AMBc), bioimpedância elétrica massa magra (BIA MM), bioimpedância elétrica massa livre de gordura (BIA MLG).

A tabela 6 apresenta as estatísticas descritivas das variáveis antropométricas e a comparação das medidas entre os grupos de seguimento: grupo 1 (amaranto seguido de arroz “Am-Ar”) e grupo 2 (arroz seguido de amaranto “Ar-Am”) na avaliação basal.

Tabela 6: Análise descritiva e comparativa das variáveis antropométricas da população de idosos, em valores médios e desvios-padrão entre os grupos.

Variáveis	n = 11 grupo 1 “Am-Ar” média (DP)	n = 9 grupo 2 “Ar – Am” média (DP)	Valor P *
Peso 1 (Kg)	62,95 (14,34)	71,19 (10,02)	**0,030**
Peso 2 (Kg)	61,63 (13,59)	70,31 (10,50)	
Peso 3 (Kg)	61,63 (13,52)	69,38 (11,51)	
IMC 1 (Kg/m^2)	25,96 (2,97)	29,18 (2,72)	**0,020**
IMC 2 (Kg/m^2)	25,47 (2,78)	28,79 (2,72)	
IMC 3 (Kg/m^2)	25,52 (2,93)	28,31 (3,15)	
CC 1 (cm)	87,77 (11,92)	96,67 (11,31)	**0,048**
CC 2 (cm)	86,45 (11,01)	94,78 (9,85)	
CC 3 (cm)	86,27 (10,74)	94,83 (9,80)	
CQ 1 (cm)	100,82 (7,05)	108,33 (6,42)	**0,030**

Variáveis	n = 11 grupo 1 “Am-Ar” média (DP)	n = 9 grupo 2 “Ar – Am” média (DP)	Valor P *
CQ 2 (cm)	98,55 (7,03)	106,78 (6,26)	
CQ 3 (cm)	98,27 (7,31)	106,44 (6,73)	
AMBc 1 (cm^2)	24,41 (3,76)	29,55 (5,97)	0,053
AMBc 2 (cm^2)	23,75 (3,58)	28,09 (4,59)	
AMBc 3 (cm^2)	25,04 (5,39)	27,36 (4,90)	
BIA MM 1 (%)	65,00 (2,48)	59,64 (3,97)	**0,003**
BIA MM 1 (%)	65,39 (2,84)	59,00 (4,67)	
BIA MM 1 (%)	65,82 (3,08)	60,96 (4,54)	
BIA MLG 3 (%)	34,98 (2,41)	40,39 (3,88)	**0,003**
BIA MLG 3 (%)	34,61 (2,84)	40,98 (4,66)	
BIA MLG 3 (%)	34,18 (3,08)	39,04 (4,54)	

* Valor P referente ao teste de Mann-Whitney para comparação das variáveis entre os grupos de seguimento.
Índice de massa corpórea (IMC), circunferência da cintura (CC), circunferência do quadril (CQ), área muscular do braço corrigida (AMBc), bioimpedância elétrica massa magra (BIA MM), bioimpedância elétrica massa livre de gordura (BIA MLG).

A tabela 7, a seguir, apresenta as análises comparativas e evolutivas das variáveis entre os 2 grupos de seguimento: grupo 1 (amaranto seguido de arroz “Am-Ar”) e grupo 2 (arroz seguido de amaranto “Ar-Am”) e entre as 3 avaliações (t1, t2, t3) em um estudo do tipo *crossover*.

Tabela 7. Resultados de ANOVAs para medidas repetidas para estudo *crossover* para comparação entre grupos e tempos.

Variáveis*	Comparação entre Grupos (Am-Ar vs. Ar-Am)	Comparação entre Avaliações (Início (t1), Meio (t2) e Fim (t3)	Interação Grupos vs. Tempos
Peso (Kg)	**P=0.030** [a]	**P=0.008** [a]	P=0.355
IMC (Kg/m^2)	**P=0.025** [b]	**P=0.006** [b]	P=0.338
CC (cm)	**P=0.030** [c]	P=0.364	P=0.745
CQ (cm)	**P=0.016** [d]	**P=0.002** [d]	P=0.769
AMBc (cm^2)	P=0.086	P=0.242	P=0.288
BIA MM (%)	**P=0.002** [e]	P=0.103	P=0.461
BIA MLG (%)	**P=0.002** [f]	P=0.092	P=0.480

* Variáveis transformadas em postos (*ranks*) devido à ausência de distribuição normal.

Índice de massa corpórea (IMC), circunferência da cintura (CC), circunferência do quadril (CQ), área muscular do braço corrigida (AMBc), bioimpedância elétrica massa magra (BIA MM), bioimpedância elétrica massa livre de gordura (BIA MLG).
(a) Diferenças significativas entre grupos (teste de Tukey): Am-Ar e Ar-Am em t1 e t2; diferenças significativas entre tempos (teste de perfil por contraste): t1-t2, t1-t3 para grupo Am-Ar; nenhuma diferença significativa para grupo Ar-Am.
(b) Diferenças significativas entre grupos (teste de Tukey): Am-Ar e Ar-Am em t1 e t2; diferenças significativas entre tempos (teste de perfil por contraste): t1-t2 para grupo Am-Ar; nenhuma diferença significativa para grupo Ar-Am.
(c) Diferenças significativas entre grupos (teste de Tukey): Am-Ar e Ar-Am em t1, t2 e t3.
(d) Diferenças significativas entre grupos (teste de Tukey): Am-Ar e Ar-Am em t1, t2 e t3; diferenças significativas entre tempos (teste de perfil por contraste): t1-t2, t1-t3 para grupo Am-Ar; t1e t2 para grupo Ar-Am.
(e) Diferenças significativas entre grupos (teste de Tukey): Am-Ar e Ar-Am em t1, t2 e t3.
(f) Diferenças significativas entre grupos (teste de Tukey): Am-Ar e Ar-Am em t1, t2 e t3.

Pelos resultados apresentados nos gráficos (Figuras 4, 5, 6), verifica-se diferença significativa para: peso (maiores valores no grupo arroz em t1 e t2, e redução significativa de t1 para t2 e de t1 para t3 para grupo amaranto), IMC (maiores valores no grupo arroz em t1 e t2, e redução significativa de t1 para t2 para grupo amaranto), CC (maiores valores no grupo arroz em t1, t2 e t3), CQ (maiores valores no grupo arroz em t1, t2 e t3, redução significativa de t1 para t2 e de t1 para t3 para grupo amaranto, e redução significativa de t1 para t2 para grupo arroz), BIA MLG % (maiores valores no grupo arroz em t1, t2 e t3), e BIA MM % (maiores valores no grupo amaranto em t1, t2 e t3).

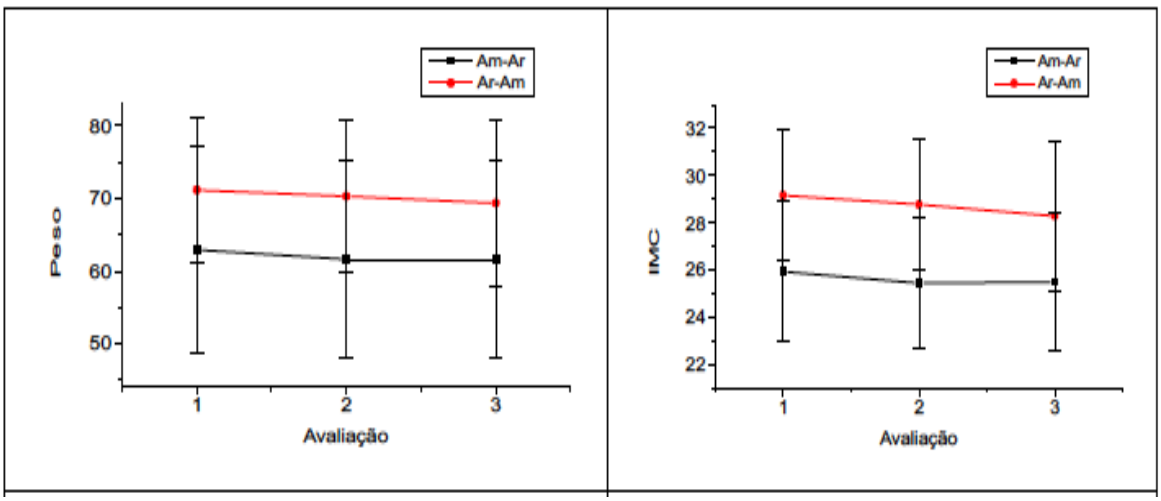


Figura 4: Evolução das variáveis antropométricas de peso e índice de massa corporal, entre os dois grupos de seguimento (grupo 1: amaranto seguido de arroz (Am-Ar) e grupo 2: arroz seguido de amaranto (Ar-Am)) e entre os tempos (t1, t2, t3).

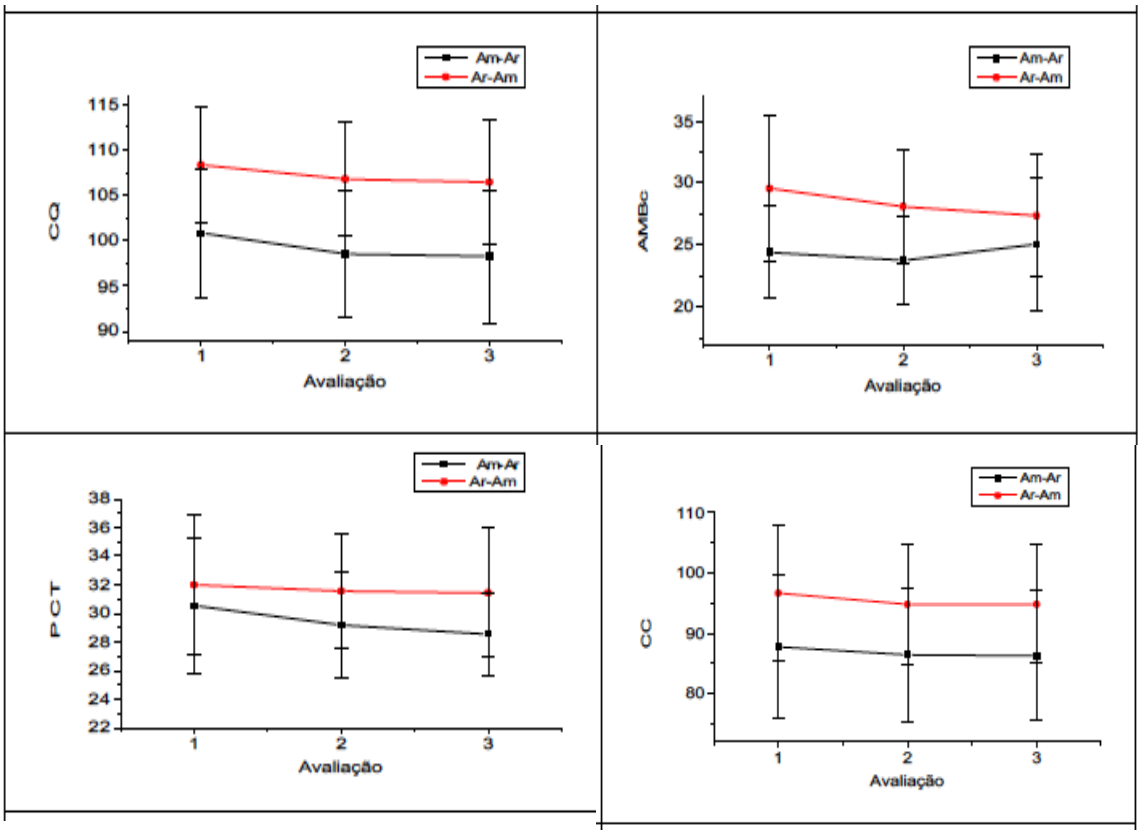


Figura 5: Evolução das variáveis antropométricas de circunferência da cintura e área muscular do braço corrigida, prega cutânea tricipital e circunferência da cintura, entre os dois grupos de seguimento (grupo 1: amaranto seguido de arroz (Am-Ar) e grupo 2: arroz seguido de amaranto (Ar-Am)) e entre os tempos (t1, t2, t3).

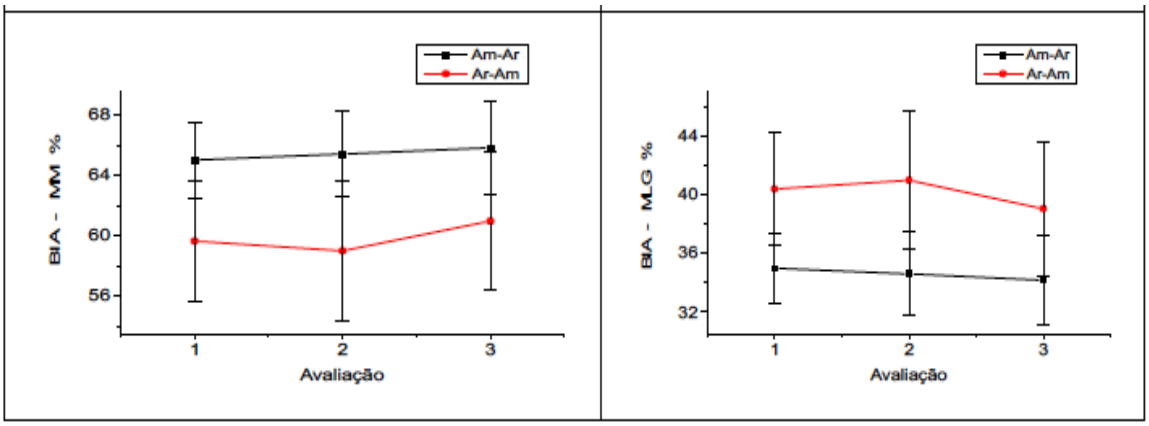


Figura 6: Evolução das variáveis antropométricas de bioimpedância - porcentagem de massa magra, bioimpedância – porcentagem de massa livre de gordura, entre os dois grupos de seguimento (grupo 1: amaranto seguido de arroz (Am-Ar) e grupo 2: arroz seguido de amaranto (Ar-Am)) e entre os tempos (t1, t2, t3).

3.4 Variáveis bioquímicas

Na tabela 8 estão apresentadas as estatísticas descritivas das variáveis bioquímicas para a caracterização da amostra durante o período de intervenção (t1, t2, t3).

Tabela 8: Variáveis bioquímicas da população de idosos (n = 20), em valores médios, desvios-padrão, durante a intervenção (t1, t2, t3).

Variáveis	tempo 1 média (DP)	tempo 2 média (DP)	tempo 3 média (DP)
GLI (mg/dL)	96,10 (15,81)	96,30 (14,94)	98,20 (17,22)
CT (mg/dL)	214,75 (24,78)	226,20 (33,17)	223,25 (37,88)
LDL-c (mg/dL)	135,00 (23,40)	148,95 (23,99)	143,15 (26,81)
HDL-c (mg/dL)	49,25 (14,41)	50,65 (12,82)	48,10 (12,97)
TGL (mg/dL)	141,30 (53,89)	132,85 (52,64)	140,50 (50,43)
VLDL-c(mg/dL)	28,15 (10,69)	26,60 (10,46)	28,15 (10,11)
CREA (mg/dL)	0,81 (0,14)	0,83 (0,17)	0,80 (0,14)
Urea (mg/dL)	33,65 (10,47)	33,50 (8,99)	33,15 (9,02)
PCR (mg/dL)	0,24 (0,23)	0,27 (0,23)	0,30 (0,30)

Glicemia (GLI), colesterol total (CT), low density lipoprotein cholesterol (LDL-c), high density lipoprotein cholesterol (HDL-c), very low density lipoprotein cholesterol (VLDL-c), triglicérides (TGL), creatinina (CREA), proteína C-reativa (PCR).

A descrição das variáveis bioquímicas, bem como a comparação das medidas, estão dispostas na tabela 9, entre os grupos de seguimento: grupo 1 (amaranto seguido de arroz “Am-Ar”) e grupo 2 (arroz seguido de amaranto “Ar-Am”) na avaliação basal.

Tabela 9: Análise descritiva e comparativa das variáveis bioquímicas da população de idosos, em valores médios e desvios-padrão entre os grupos.

Variáveis	n = 11 grupo 1 “Am-Ar” média (DP)	n = 9 grupo 2 “Ar – Am” média (DP)	Valor P *
GLI 1 (mg/dL)	92,00 (11,04)	101,11 (19,76)	0,401
GLI 2 (mg/dL)	90,82 (9,01)	103,00 (18,36)	
GLI 3 (mg/dL)	97,64 (19,98)	98,89 (14,30)	

Variáveis	n = 11 grupo 1 “Am-Ar” média (DP)	n = 9 grupo 2 “Ar – Am” média (DP)	Valor P *
CT 1 (mg/dL)	212,18 (31,43)	217,89 (14,25)	0,323
CT 2 (mg/dL)	221,00 (35,54)	232,56 (30,85)	
CT 3 (mg/dL)	227,00 (45,99)	218,67 (26,85)	
LDL-c 1 (mg/dL)	133,55 (24,73)	136,78 (23,02)	0,470
LDL-c 2 (mg/dL)	142,91 (23,74)	156,33 (23,47)	
LDL-c 3 (mg/dL)	143,45 (34,02)	142,78 (16,14)	
HDL-c 1 (mg/dL)	49,36 (15,68)	49,11 (13,63)	0,939
HDL-c 2 (mg/dL)	52,82 (15,46)	48,00 (8,77)	
HDL-c 3 (mg/dL)	52,82 (14,39)	42,33 (8,53)	
TGL 1 (mg/dL)	138,36 (56,77)	144,89 (53,31)	0,648
TGL 2 (mg/dL)	126,55 (59,63)	140,56 (44,88)	
TGL 3 (mg/dL)	132,45 (56,82)	150,33 (42,49)	
VLDL-c 1 (mg/dL)	27,73 (11,19)	28,67 (10,69)	0,704
VLDL-c 2 (mg/dL)	25,27 (11,82)	28,22 (8,94)	
VLDL-c 3 (mg/dL)	26,55 (11,46)	30,11 (8,42)	
CREA 1 (mg/dL)	0,83 (0,16)	0,79 (0,12)	0,403
CREA 2 (mg/dL)	0,86 (0,20)	0,79 (0,12)	
CREA 3 (mg/dL)	0,82 (0,13)	0,78 (0,14)	
Urea 1 (mg/dL)	34,00 (11,32)	33,22 (9,98)	0,970
Urea 2 (mg/dL)	30,55 (6,80)	37,11 (10,37)	
Urea 3 (mg/dL)	31,18 (10,06)	35,56 (7,42)	
PCR 1 (mg/dL)	0,23 (0,25)	0,25 (0,21)	0,494
PCR 2 (mg/dL)	0,28 (0,26)	0,25 (0,20)	
PCR 3 (mg/dL)	0,23 (0,28)	0,39 (0,32)	

* Valor P referente ao teste de Mann-Whitney para comparação das variáveis entre os grupos de seguimento.

Glicemia (GLI), colesterol total (CT), low density lipoprotein cholesterol (LDL-c), high density lipoprotein cholesterol (HDL-c), very low density lipoprotein cholesterol (VLDL-c), triglicérides (TGL), creatinina (CREA), proteína C-reativa (PCR).

Na tabela 10 estão apresentadas as análises comparativas e evolutivas das variáveis entre os 2 grupos de seguimento: grupo 1 (amaranto seguido de arroz “Am-Ar”) e grupo 2 (arroz seguido de amaranto “Ar-Am”) e entre as 3 avaliações (t1, t2, t3) em um estudo do tipo *crossover*.

Tabela 10. Resultados das ANOVAs para medidas repetidas para estudo *crossover* para comparação entre grupos e tempos.

Variáveis*	**Comparação entre Grupos (Am-Ar vs. Ar-Am)**	**Comparação entre Avaliações (t1), (t2, (t3)**	**Interação Grupos vs. Tempos**
GLI (mg/dL)	P=0.259	P=0.182	P=0.229
CT (mg/dL)	P=0.581	P=0.289	P=0.359
LDL-c (mg/dL)	P=0.351	P=0.055	P=0.694
HDL-c (mg/dL)	P=0.442	P=0.290	**P=0.036** [a]
TGL (mg/dL)	P=0.411	P=0.652	P=0.803
VLDL-c(mg/dL)	P=0.414	P=0.662	P=0.797
CREA (mg/dL)	P=0.451	P=0.373	P=0.958
Urea (mg/dL)	P=0.318	P=0.932	P=0.155
PCR (mg/dL)	P=0.270	P=0.687	P=0.229

* Variáveis transformadas em postos (*ranks*) devido à ausência de distribuição normal.
Glicemia (GLI), colesterol total (CT), low density lipoprotein cholesterol (LDL-c), high density lipoprotein cholesterol (HDL-c), very low density lipoprotein cholesterol (VLDL-c), triglicérides (TGL), creatinina (CREA), proteína C-reativa (PCR).

(a) Efeito significativo da interação Grupos vs. Tempos: diferenças significativas entre grupos (teste de Tukey): nenhuma diferença significativa; diferenças significativas entre tempos (teste de perfil por contraste): nenhuma diferença significativa para grupo Am-Ar; t2-t3 para grupo Ar-Am.

Pelos resultados apresentados nos gráficos (Figura 7, 8, 9), verifica-se diferença significativa para a redução HDL-c (t2 para t3 para grupo arroz). Em contrapartida, os resultados nas outras variáveis bioquímicas houve um aumento no grupo amaranto-arroz, com exceção das variáveis creatinina e PCR, embora não tenha apresentado diferença significativa.

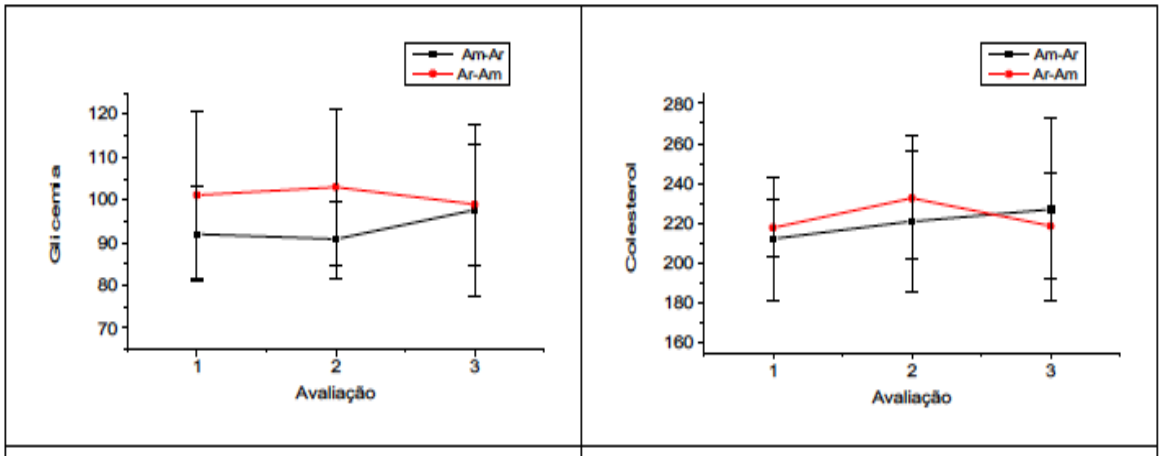


Figura 7: Evolução das variáveis bioquímicas de glicemia e colesterol, entre os dois grupos de seguimento (grupo 1: amaranto seguido de arroz (Am-Ar) e grupo 2: arroz seguido de amaranto (Ar-Am)) e entre os tempos (t1, t2, t3).

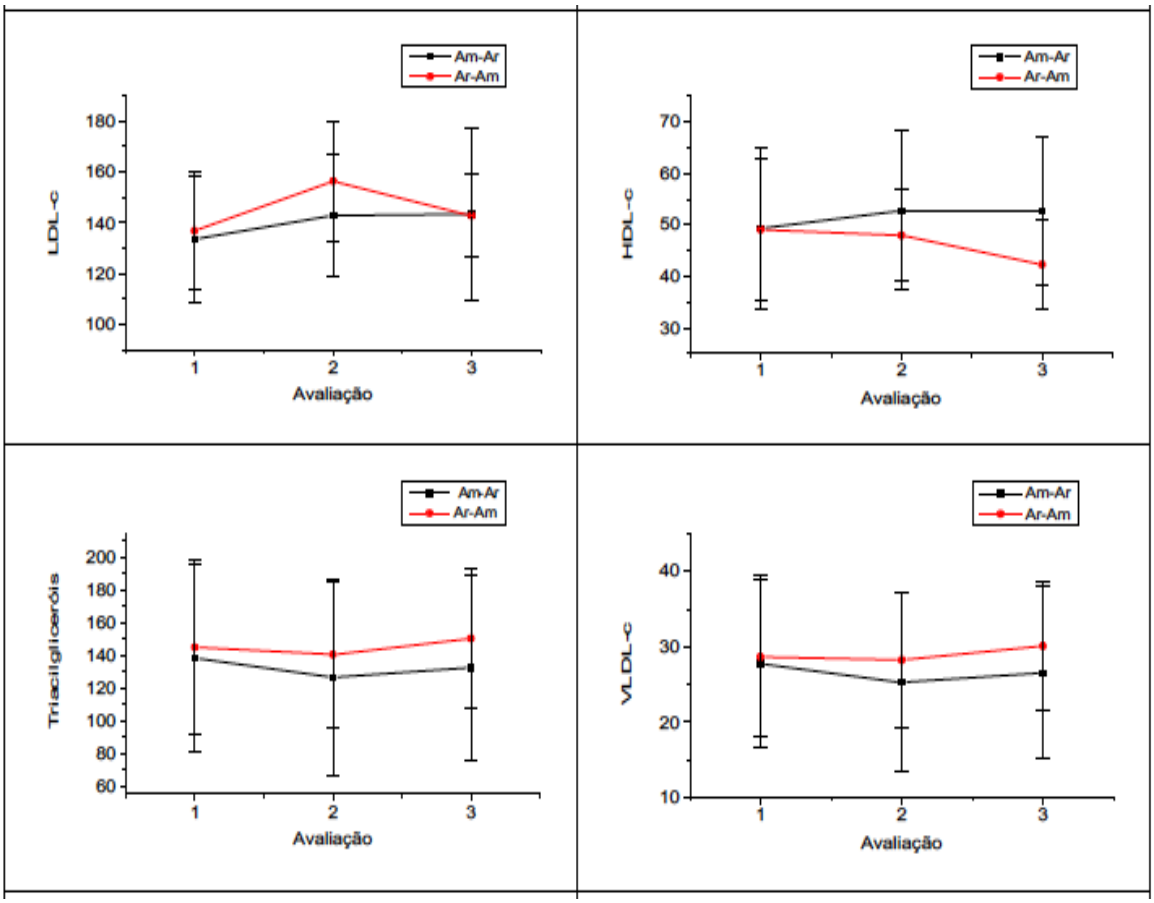


Figura 8: Evolução das variáveis bioquímicas de LDL-c, HDL-c, Triglicérides e VLDL-c, entre os dois grupos de seguimento (grupo 1: amaranto seguido de arroz (Am-Ar) e grupo 2: arroz seguido de amaranto (Ar-Am)) e entre os tempos (t1, t2, t3).

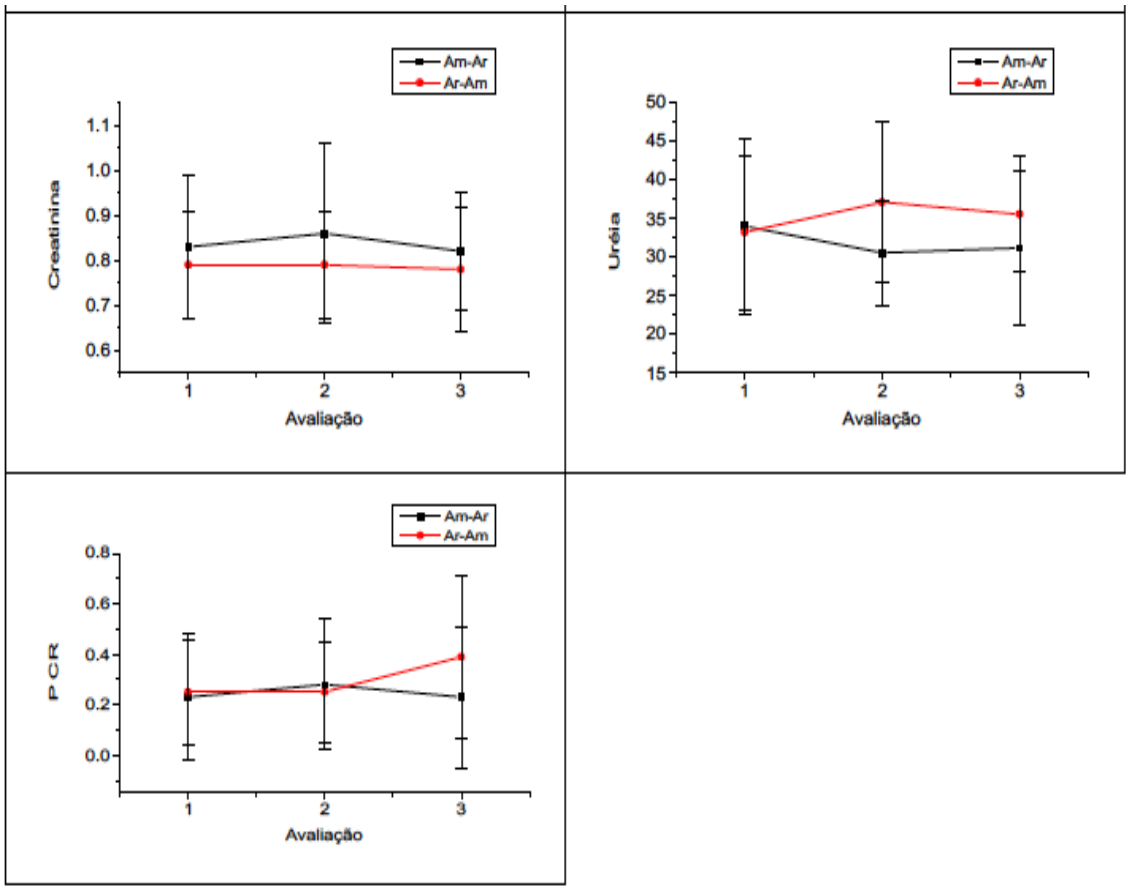


Figura 9: Evolução das variáveis bioquímicas de creatinina, urea e PCR, entre os dois grupos de seguimento (grupo 1: amaranto seguido de arroz (Am-Ar) e grupo 2: arroz seguido de amaranto (Ar-Am)) e entre os tempos (t1, t2, t3).

3.5 Variáveis dietéticas

Na tabela 11 estão apresentadas a descrição das variáveis dietéticas para a caracterização da amostra durante o período de intervenção (t1, t2, t3), sendo que este levantamento foi realizado através do recordatório de 3 dias, sendo incluído um dia de final de semana, intercalados.

Tabela 11: Variáveis bioquímicas da população de idosos (n = 20), em valores médios, desvios-padrão, durante a intervenção (t1, t2, t3).

Variáveis	tempo 1 média (DP)	tempo 2 média (DP)	tempo 3 média (DP)
Energia (kcal)	1426,9 (652,72)	1577,9 (317,8)	1554,6 (349,8)
Carboidratos (g)	164,79 (54,77)	203,19 (38,19)	207,72 (48,57)
Proteínas (g)	67,24 (34,34)	72,07 (19,92)	74,43 (19,02)
Lipídios (g)	58,34 (36,52)	53,12 (15,27)	46,90 (11,43)
Colesterol (mg)	193,53 (121,71)	183,45 (111,61)	179,62 (76,44)
Fibras (g)	13,93 (9,82)	15,73 (6,77)	14,47 (6,24)
Cálcio (mg)	538,81 (344,26)	702,24 (266,97)	749,11 (305,12)
Sódio (mg)	1971,8 (990,46)	2328,4 (1106,1)	1983,8 (729,81)

Na tabela 12 está apresentada a descrição das variáveis dietéticas e a comparação das medidas entre os grupos de seguimento: grupo 1 (amaranto seguido de arroz “Am-Ar”) e grupo 2 (arroz seguido de amaranto “Ar-Am”) na avaliação basal.

Tabela 12: Análise descritiva e comparativa das variáveis dietéticas da população de idosos, em valores médios, desvios-padrão, entre os grupos.

Variáveis	n = 11 grupo 1 “Am-Ar” média (DP)	n = 9 grupo 2 “Ar – Am” média (DP)	Valor P *	DRI** [illegible]	DRI** [illegible]
Energia 1 (kcal)	1543,20 (580,48)	1394,80 (767,16)	0,732	2054	1873
Energia 2 (kcal)	1572,50 (264,68)	1584,60 (390,13)			
Energia 3 (kcal)	1582,40 (248,07)	1520,70 (459,70)			
Carboidratos 1 (g)[1]	179,84 (56,54)	146,40 (49,36)	0,119	130	130
Carboidratos 2 (g)	209,00 (36,03)	196,09 (41,69)			
Carboidratos 3 (g)	213,37 941,67)	200,81 (57,74)			
Proteínas 1 (g)[1]	74,96 (38,55)	57,81 (27,61)	0,239	56	46
Proteínas 2 (g)	75,52 (22,07)	67,85 (17,24)			
Proteínas 3 (g)	79,65 (17,97)	68,06 (19,29)			
Lipídios 1 (g)	55,89 (23,80)	61,33 (49,40)	0,790	-	-
Lipídios 2 (g)	49,29 (11,52)	57,80 (18,53)			
Lipídios 3 (g)	46,36 (8,46)	47,56 (14,83)			

Variáveis	n = 11 grupo 1 "Am-Ar" média (DP)	n = 9 grupo 2 "Ar – Am" média (DP)	Valor P *	DRI** [illegible]	DRI** [illegible]
Colesterol 1 (mg)[3]	196,66 (136,38)	189,70 (109,10)	0,849	300	300
Colesterol 2 (mg)	154,72 (78,85)	218,57 (138,90)			
Colesterol 3 (mg)	184,90 (64,59)	173,17 (92,61)			
Fibras 1 (g)[2]	16,44 (10,98)	10,87 (7,69)	0,129	30	21
Fibras 2 (g)	19,20 (6,54)	11,50 (4,34)			
Fibras 3 (g)	13,08 (6,49)	16,17 (5,82)			
Cálcio 1 (mg)[2]	503,73 (218,35)	581,67 (467,03)	0,909	1200	1200
Cálcio 2 (mg)	706,06 (293,07)	697,56 (248,72)			
Cálcio 3 (mg)	747,39 (302,90)	751,23 (326,20)			
Sódio 1 (mg)[2]	1918,80 (698,30)	2036,50 (1308,40)	0,909	1300	1300
Sódio 2 (mg)	2517,40 (1145,70)	2097,40 (1075,00)			
Sódio 3 (mg)	2018,30 (853,15)	1941,60 (592,88)			

*Valor P referente ao teste de Mann-Whitney para comparação das variáveis entre os grupos de seguimento.

**DRI: *Dietary Reference Intakes para adultos acima de 51 anos* ; [1] RDA: Recommended Dietary Allowances; [2] AI: Adequate Intakes.

*** OMS: Organização Mundial da Saúde.

Na tabela 13 estão apresentadas as análises comparativas e evolutivas das variáveis entre os 2 grupos de seguimento: grupo 1 (amaranto seguido de arroz "Am-Ar") e grupo 2 (arroz seguido de amaranto "Ar-Am") e entre as três avaliações (t1, t2, t3) em um estudo do tipo *crossover*.

Tabela 13. Resultados das ANOVAs para medidas repetidas para estudo *crossover* para comparação entre grupos e tempos.

Variáveis*	Comparação entre Grupos (Am-Ar vs. Ar-Am)	Comparação entre Avaliações (Início (t1), Meio (t2) e Fim (t3)	Interação Grupos vs. Tempos
Energia (kcal)	P=0.436	P=0.216	P=0.700
Carboidratos (g)	P=0.157	**P=0.003** [a]	P=0.759
Proteínas (g)	P=0.185	P=0.308	P=0.868
Lipídios (g)	P=0.958	P=0.339	P=0.504
Colesterol (mg)	P=0.791	P=0.972	P=0.575
Fibras (g)	P=0.206	P=0.236	**P=0.012** [b]
Cálcio (mg)	P=0.979	**P=0.003** [c]	P=0.935
Sódio (mg)	P=0.687	P=0.514	P=0.667

***** Variáveis transformadas em postos (*ranks*) devido à ausência de distribuição normal.

(a) Diferenças significativas entre tempos (teste de perfil por contraste): nenhuma diferença significativa para grupo Am-Ar; t1-t3 para grupo Ar-Am.

(b) Efeito significativo da interação Grupos vs Tempos: diferenças significativas entre grupos (teste de Tukey): Am-Ar - Ar-Am em t2; diferenças significativas entre tempos (teste de perfil por contraste): t2-t3 para grupo Am-Ar; t2-t3 para grupo Ar-Am.

(c) Diferenças significativas entre tempos (teste de perfil por contraste): t1-t3 para grupo Am-Ar; t1-t3 para grupo Ar-Am.

Pelos resultados apresentados nas figuras 10 e 11, verifica-se diferença significativa para carboidratos (aumento significativo de t1 para t3 para grupo arroz), fibras (maiores valores no grupo amaranto em t2, redução significativa de t2 para t3 para grupo amaranto, e aumento significativo de t2 para t3 para grupo arroz), e cálcio (aumento significativo de t1 para t3 para grupo amaranto, e aumento significativo de t1 para t3 para grupo arroz).

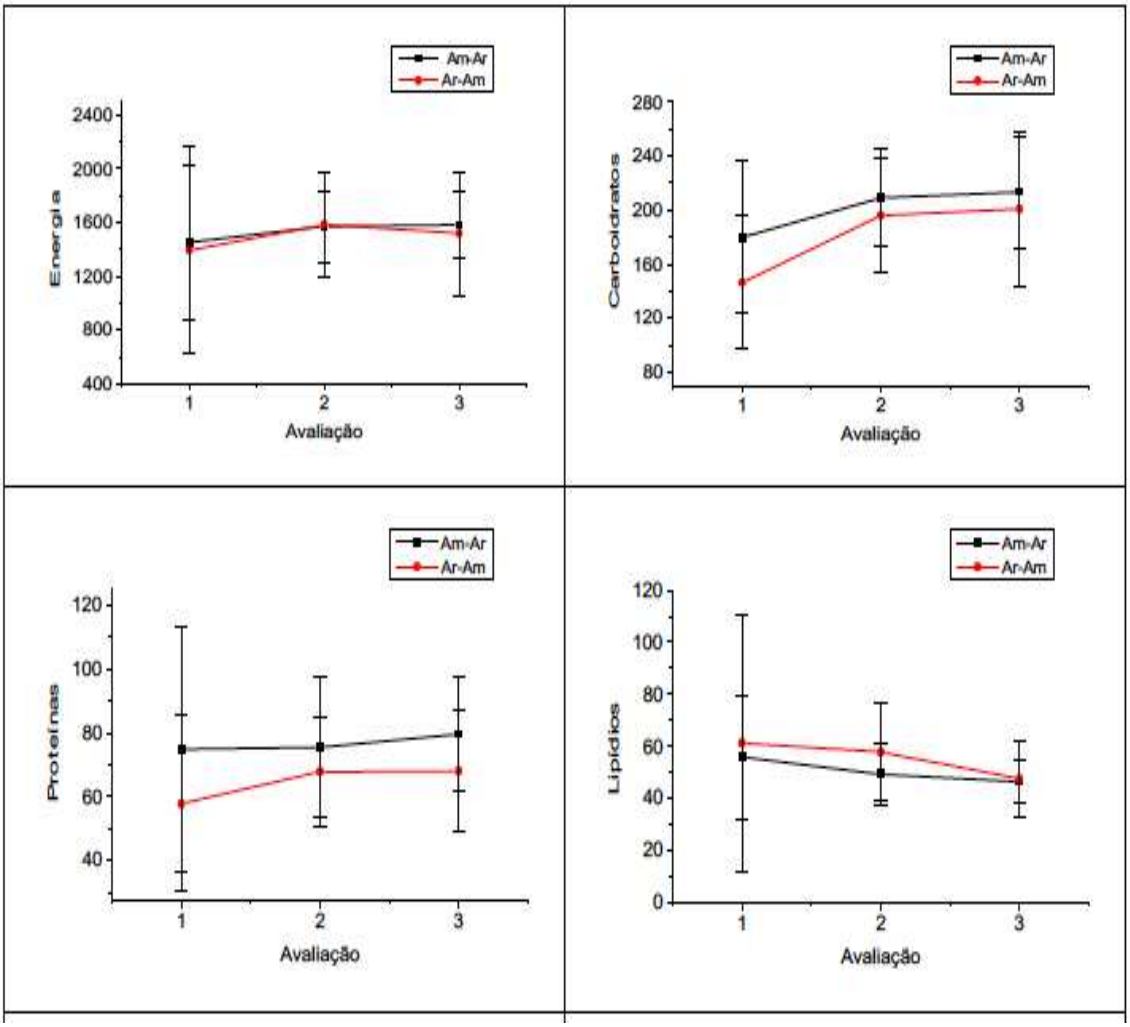


Figura 10: Evolução das variáveis dietéticas de energia, carboidratos, proteínas e lipídios, entre os dois grupos de seguimento (grupo 1: amaranto seguido de arroz (Am-Ar) e grupo 2: arroz seguido de amaranto (Ar-Am)) e entre as tempos (t1,t2,t3).

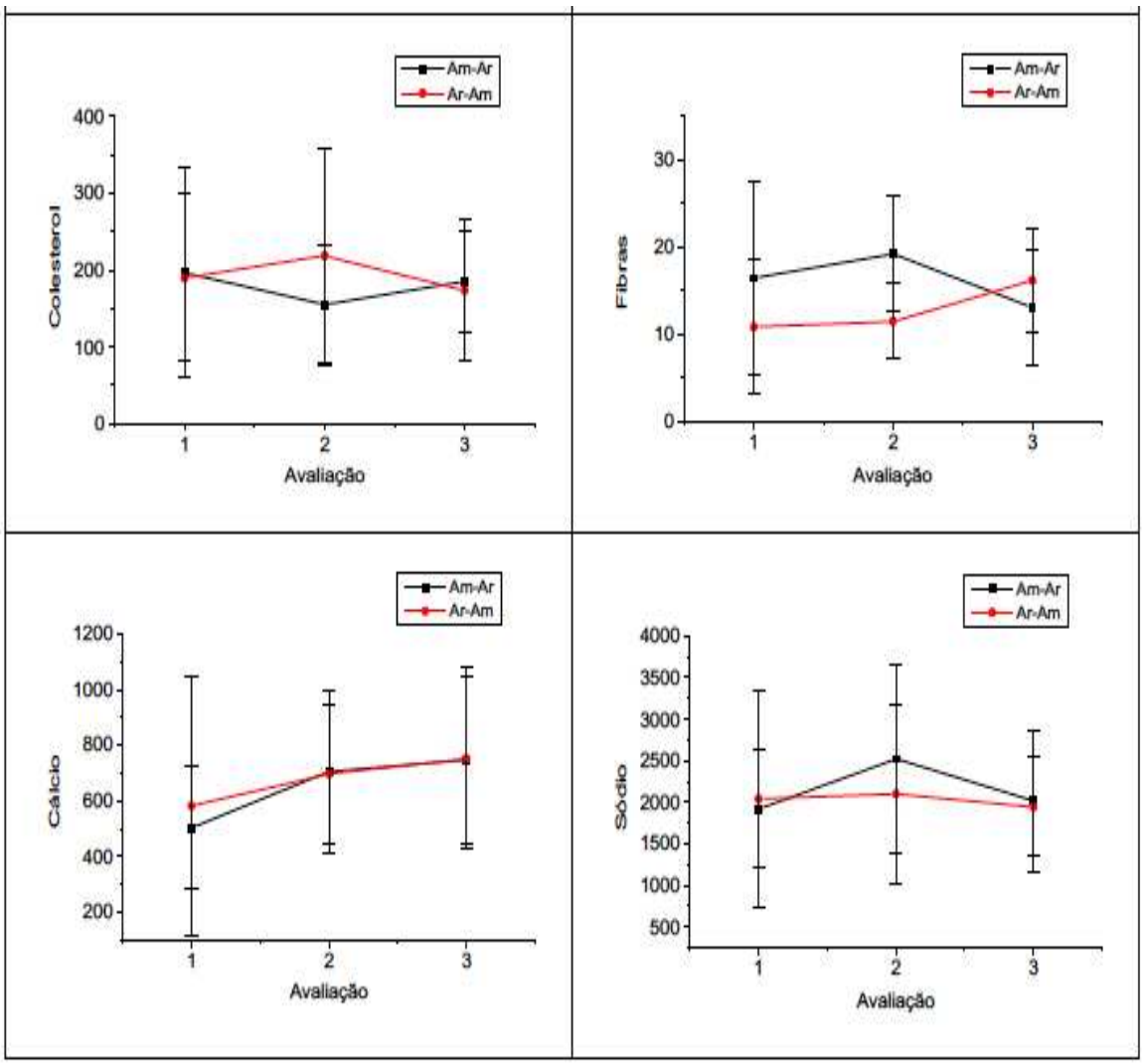


Figura 11: Evolução das variáveis dietéticas de colesterol, fibras, cálcio e sódio, entre os dois grupos de seguimento (grupo 1: amaranto seguido de arroz (Am-Ar) e grupo 2: arroz seguido de amaranto (Ar-Am)) e entre as tempos (t1,t2,t3).

4. DISCUSSÃO

As análises realizadas na pipoca de amaranto para a verificação da quantidade de proteínas, fibras solúveis e insolúveis, demonstram que a pipoca apresenta menor quantidade de proteínas, maior valor de fibras solúveis e menor quantidade de fibras insolúveis em relação ao grão de amaranto. As reduções de

proteínas e de fibras insolúveis podem estar relacionadas com as perdas de partes da casca durante o pipocamento. Conforme relata Bucaro-Segura e Bressani (2002), as proteínas se encontram distribuídas em maior quantidade no germe e na casca do grão. O aumento de fibras solúveis no pipocamento pode estar relacionado às temperaturas altas empregadas no processamento térmico, o que acarreta quebra das ligações das cadeias de polissacarídeos da parede celular em partículas solúveis (REPO-CARRASCO-VALENCIA *et al*., 2009).

Segundo Bressani *et al.* (1993) o processo de pipocamento do amaranto, diminui em 19% a disponibilidade do aminoácido lisina (4,57 g/16 g N), quando comparada à quantidade no grão de amaranto. Mendonça *et al. (*2009) ao analisarem o grão de amaranto cru, encontraram 6,2 g/100 g de produto de lisina e uma razão lisina/ arginina de 0,63. O perfil de aminoácidos da proteína do amaranto seria uma das hipóteses do efeito hipocolesterolêmico do amaranto (BERGER *et al.,* 2003), entretanto, esta hipótese não se aplica nesta pesquisa, pois a pipoca de amaranto utilizada apresentou a razão lisina/arginina abaixo do valor detectado por Berger *et al.* (2003)

Dentre as hipóteses apresentadas para comprovar a atividade do amaranto quanto à capacidade de modular os níveis de colesterol sérico, encontra-se a quantidade de fibras totais e solúveis (GRAJETA, 1997; PLATE e ARÊAS, 2002; MENDONÇA *et al.*, 2009). Entretanto, nesse caso, os modelos utilizados foram animais como ratos, coelhos, galinhas, camundongos, hamsters. Em humanos, somente foi utilizado o óleo de amaranto, considerando-se, portanto, que a diminuição do colesterol ocorreria em função do teor de tocoferois e esqualeno (GONOR *et al.,* 2006; MARTIROSYAN *et al*., 2007).

Em relação às variáveis antropométricas pudemos observar que houveram algumas alterações significativas entre os grupos quanto às variáveis peso, IMC, CC, CQ, BIA MM %, sendo que os maiores valores foram encontrados no grupo 1 “Am-Ar”. A variável BIA MLG % apresentou um valor maior no grupo 2 “Ar-Am”.

O índice de massa corporal (IMC) é um ótimo parâmetro para a avaliação de obesidade, desde que influenciado pela massa livre de gordura e

pela estatura. O IMC é uma importante medida, pois ela estabelece a relação com as taxas de mortalidade, sendo que o menor risco de mortalidade se encontra entre os intervalos de 20 a 30 kg/m2 (WHO, 1995; ANJOS, 1992). Em idosos, o IMC, além de prognosticar a morbidade e a mortalidade, se associa com capacidade de viver de forma independente, mobilidade e preservação do estado mental (WHO, 1995). BURR e PHILLIPS (1984) avaliaram idosos acima de 75 anos e concluíram que o IMC diminui depois dos 70 anos, em ambos os sexos. No estudo apresentado, não foram encontradas diferenças significativas em relação ao IMC, entretanto, pudemos verificar que no grupo amaranto houve uma pequena redução de peso e, consequentemente, redução de IMC, embora esse ainda se encontrasse na classificação da normalidade segundo NSI (2002). Pudemos verificar, em contrapartida, que houve um aumento na massa magra e diminuição na massa livre de gordura. Possivelmente, essa mudança deveu-se à ingestão do aporte protéico oferecido pelo amaranto. Houve, ainda, redução das circunferências da cintura e quadril dos participantes na comparação entre os grupos.

Rocha (2010), em estudo realizado para avaliar *cookies* de amaranto e aveia em pacientes diagnosticados com síndrome metabólica (SM), verificou que após a intervenção não houve variação significativa do peso e da circunferência abdominal.

A área muscular do braço corrigida (AMBc) e a prega cutânea tricipital, foram utilizadas por CAMPBELL *et al.* (1990) em 758 pacientes com 70 anos de idade e mais, entre 40 a 46 meses, e através de um modelo de regressão logística, concluíram que a baixa área muscular do braço corrigida e a espessura da prega cutânea tricipital associaram-se com risco de mortalidade significativamente aumentado. Os resultados do presente trabalho revelaram uma diminuição da área muscular do braço corrigida (AMBc), porém, sem diferença significativa.

A bioimpedância elétrica foi escolhida para medir a composição corporal, por ser um método de fácil aplicação, de alta reprodutibilidade e comumente utilizada em estudo de campo, embora fatores como posição do indivíduo,

colocação dos eletrodos, temperatura ambiente, níveis de hidratação e de atividade física possam afetar essa medida (NELSON *et al*., 1996). No presente estudo foi detectada um aumento significativo da massa magra (BIA MM%) no grupo amaranto e um aumento da massa livre de gordura (BIA MLG %) no grupo arroz, embora tivéssemos um número reduzido de participantes.

Algumas variáveis bioquímicas podem ser afetados pelo envelhecimento, entretanto, elas têm sido utilizadas para fornecer informações úteis na avaliação do estado nutricional deste segmento da população. Porém, a interpretação de vários parâmetros bioquímicos pode apresentar algumas dificuldades pela coexistência de doenças e medicamentos comumente utilizados nesta faixa etária.

O colesterol total e o LDL-c têm sido considerados como fatores de risco para aterosclerose em adultos e idosos. Os estudos têm utilizado esses parâmetros como indicadores de risco para a doença arterial coronariana, entretanto, também apontam para seu menor impacto em idosos em comparação com indivíduos de meia idade (CORTI *et al.,* 1995; WENGER, 1997).

Neste estudo houve aumento das variáveis bioquímicas, sem que apresentassem diferenças significativas entre os grupos e com a evolução temporal, com exceção do HDL-c, que diminuiu nos participantes. Não temos uma explicação que justifique estes resultados. A proposta inicial do estudo foi avaliar 60 idosos, porém, nos 20 primeiros sujeitos da pesquisa foram constatados aumento nos valores de colesterol total e diminuição de HDL-c. Diante deste fato e para não desrespeitar os princípios éticos em pesquisas com humanos, o estudo foi suspenso.

Mohallen (2006) em estudo realizado com funcionários do Centro Universitário de Vila Velha, avaliou o impacto fisiológico do consumo de *cookies* de amaranto e *cookies* de aveia antes do almoço e observou o efeito na modulação da sensação de fome e no perfil lipidêmico. Os resultados apontaram diminuição dos níveis de LDL-C, redução dos triacilgliceróis no grupo amaranto (30,7%) e no colesterol total após duas semanas de consumo.

Com relação ao efeito do esqualeno nas propriedades hipolipemiantes

do amaranto, Gonor *et al*. (2006) pesquisaram a influência de uma dieta contendo óleo de amaranto sobre o perfil lipidêmico e sobre o perfil de ácidos graxos eritrocitários. As dietas forneciam quantidades de esqualeno, de 100, 200, 400 e 600 mg por dia, sendo que a dieta contendo 600 mg apresentou mudanças positivas significativas nos níveis de colesterol e triacilgliceróis, assim como na composição de ácidos graxos das membranas dos eritrócitos de pacientes com cardiopatia isquêmica.

Martirosyan *et al.* (2007), em estudo realizado com 125 pacientes que apresentavam doença cardiovascular, observaram redução nos níveis de colesterol total, triacilgliceróis, LDL-c e VLDL-c ao administrar óleo de amaranto nas seguintes quantidades: 3, 6, 12 e 18 ml/dia por 3 semanas, concluindo que o óleo de amaranto pode ser benéfico a pacientes com doenças cardiovasculares. Também foram observadas diminuição da pressão arterial sistólica e diastólica em todos os grupos. O hidrocarboneto esqualeno e os fitoesteróis podem estar envolvidos neste mecanismo.

Rocha (2010), citado anteriormente, utilizando *cookies* de amaranto e *cookies* de aveia em pacientes com síndrome metabólica (SI) verificou que os *cookies* de amaranto proporcionaram a redução do LDL-c e colesterol total, entretanto houve também a diminuição de HDL-c.

Kim, Kim e Shin (2006) e Kim *et al*. (2006) investigaram o efeito da suplementação do óleo e grão de amaranto (*Amaranthus esculentus* L.) sobre a glicose sanguínea e perfil lipidêmico em ratos com diabetes induzida por estreptozotocina. Os resultados mostraram diminuição da glicose sanguínea, aumento dos níveis de insulina sérica, e diminuição das enzimas aspartato aminotransferase e alanina aminotransferase, marcadoras de lesão hepática. Entretanto em nosso trabalho não houve significativa redução da glicemia de jejum.

A pipoca de amaranto, assim como a pipoca de arroz, foram bem toleradas por todos os participantes, não provocando efeitos adversos.

A avaliação dietética realizada pelo registro de 3 dias, teve como objetivo verificar se havia ocorrido alguma mudança de hábito dos participantes,

pois esses foram orientados a manter o seu padrão alimentar, exceto pela inclusão dos produtos da intervenção. Devido ao fato do amaranto aumentar a saciedade (MOHALLEN, 2006), a ingestão dos produtos foi recomendada para ser realizada no desjejum ou após as refeições. Entretanto, há que se observar que alguns estudos demonstram que a administração de um suplemento ou produto congênere pode afetar a ingestão alimentar habitual do indivíduo (WILSON *et al.,* 2002).

No início do estudo, verificou-se que as ingestões energéticas e de nutrientes estavam em nível inferior ao recomendado para ambos os sexos, com exceção do sódio. O consumo de sódio analisado foi associado à quantidade presente nos alimentos, pela impossibilidade de cálculo da quantidade exata adicionada aos alimentos. A diminuição na ingestão energética e de nutrientes pode acarretar deficiências pela não ingestão dos nutrientes essenciais, principalmente quando a ingestão energética se encontra em níveis inferiores a 6,3 KJ/dia (≈1500 Kcal/dia) (DE GROOT *et al.,* 1996a). Entretanto, alguns estudos já relataram que, mesmo que a ingestão energética esteja nos intervalos recomendados ou acima de 6,3 KJ/dia para a faixa etária específica, pode ocorrer deficiência de micronutrientes na dieta dos idosos (DE GROOT *et al.,* 1996b; MOREIRAS *et al.,* 1996).

Novaes (2003) analisou a ingestão energética, gorduras e fibras de dietas de idosos, encontrando ingestão média de fibras de 17,7 g para ambos os sexos. Este estudo mostrou que à medida que a idade avança, diminui a ingestão de colesterol. Estes resultados confirmam os achados da presente estudo, em relação à baixa ingestão de fibras e colesterol.

Alguns autores admitem que os níveis de ingestão relatados podem demonstrar uma sub notificação da realidade, seja pela utilização de programas computadorizados de análises de dietas, ou, ainda, pela deficiência de tabelas de composição dos alimentos (RIBEIRO *et al*., 2003; SCAGLIUSI e LANCHA JUNIOR, 2003; SALES *et al*., 2005), ou pela distorção do auto-relato da ingestão alimentar (BINGHAM, 1995), ou por haver a preocupação em alterar a alimentação do indivíduo por saber que será avaliado ou para impressionar o

entrevistador, ou também, pode haver a tendência em repetir os mesmos alimentos para facilitar o preenchimento (FISBERG *et al.*, 2000; DUARTE e CASTELLANI, 2002).

5. CONCLUSÃO

A pipoca de amaranto apresentou-se com quantidade inexpressiva de fibras insolúveis e diminuição na quantidade de proteínas, diminuindo a relação lisina/arginina, possivelmente devido ao processamento térmico.

O efeito do produto sobre as variáveis antropométricas resultou em modificações entre os grupos em relação as variáveis peso, IMC, CC, CQ, BIA MM %. Houve redução de peso e, consequentemente de IMC, assim como diminuição nas circunferências da cintura e quadril e aumento da porcentagem de massa magra.

Em contrapartida, nas variáveis bioquímicas os resultados se mostraram insatisfatórios, ocorrendo aumento nos valores, principalmente de colesterol total e houve diminuição do HDL-c, que resultou na suspensão da pesquisa. Não temos uma explicação que justifique estes resultados.

O impacto do produto sobre as variáveis dietéticas resultou em diferenças significantes ($p < 0,05$) na população estudada, em relação aos valores de carboidratos, fibras, cálcio, que se mostraram maiores. Nos outros nutrientes, as variações encontradas podem ter sido decorrentes do breve tempo de intervenção, ou devido à substituição do produto utilizado por alguma refeição, afetando a ingestão alimentar habitual do indivíduo.

A pipoca de amaranto não apresentou resultados positivos quanto à melhora do perfil lipidêmico deste grupo de idosos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACTON, S.; RIGOTTI, A.; LANDSCHULZ, K.; XU, S.; HOBBS, H.H.; KRIEGER, M. Identification of scavenger receptor SR-BI as a high density lipoprotein receptor. **Science**, v. 26, n. 5248, p. 518-520, 1996.

ANJOS, L.A. Índice de massa corporal como indicador do estado nutricional de adultos: revisão de literatura. **Revista Saúde Pública**, v. 26, n. 6, p. 431-6, 1992.

ARTAUD-WILD, S.M.; CONNOR, S.L.; SEXTON, G.; CONNOR, W.E. Differences in coronary mortality can be explained by differences in cholesterol and saturated fat intakes 1040 countries but not in France and Finland. A paradox. **Circulation**, v. 90, n. 6, p. 3118-9, 1994.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official Methods of Analysis**. 16.ed. AOAC, Washington, DC. 1995.

BARTELS, H.; BOHMER, M.; HEIERLI, C. Serum creatinine determination without protein precipitation. **Clinical Chimica Acta**, v. 37, p. 193-7, 1972.

BERGER, A.; GREMAUD, G.; BAUMGARTNER, M. REIN, D.; MONNARD, I.; KRATKY, E.; GEIGER, W.; BURRI, J.; DIONISI, F.; ALAN, M. LAMBELET, P. Cholesterol-lowering properties of amaranth grain and oil in hamsters. **International Journal for Vitamin and Research** , v. 73, p. 39-47, 2003.

BERGHOFER, E.; SCHOENLECHNER, R. Grain amaranth. In: BELTON, P.S.; TAYLOR, J.R.N. **Pseudo cereals and less common cereals: grain properties and utilization potential.** New York: Springer, 2002. p. 219-260.

BEVILACQUA, M.R.; GIMENO, S.G.A; MATSUMURA, L.K.; FERREIRA, S.R.G. Hiperlipidemias e fatores dietéticos: estudo transversal entre nipo-brasileiros. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia** , v. 51, n. 4, p. 547-558, 2007.

BINGHAM, S.A. Validation of weighed records and other methods of dietary assessment using the 24h urine nitrogen and other biological markers. **British Journal of Nutrition**, v. 73, n. 4, p. 531-550, 1995.

BRASIL. Congresso. Lei nº 8.842 de 4 de janeiro de 1994. Dispõe sobre a Política Nacional do Idoso, cria o Conselho Nacional do Idoso e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil** , Poder Executivo, Brasília, DF., 5 jan. 1994. Seção 1, ano 132, n. 3.

BREMANDER, A.B.; DAHL, L.L.; ROOS, E.M. Validity and reliability of functional performance tests in meniscectomized patients with or without knee osteoarthrits. **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports** , Copenhagen, v. 17,

n. 2, p. 120-127, 2007.

BRENNER, D.E.; WILLIANS, J.T. Grain amaranth (*Amaranth* species). In: WILLIANS, J.T. (Ed.). **Under utilized crops: cereals and pseudo-cereals**. London: Chapman & Hall, 1995, p. 128-186.

BRESSAN J., ESTEVES E. **Sistema de suporte de avaliação nutricional e avaliação de dietas. DietPro [programa de computador].** Versão 5.0. Minas Gerais: Agromídia software; 2001.

BRESSANI, R.; SÁNCHEZ-MARROQUÍN, A.; MORALES, E. Chemical composition of grain amaranth cultivars and effects of processing on their nutritional quality. **Food Reviews International**, v. 8, p. 23-49, 1992.

BRESSANI, R.; MARTELL, E.C.M. de; GODINEZ, C.M. Protein quality evaluation of amaranth in adult humans. **Plants Food Human Nutrition**, v. 43, p. 123-43, 1993.

BUCARO SEGURA, M.E.B; BRESSANI, R. Distribuición de la proteína em fracciones físicas de La molienda y tamizado del grano de amaranto. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, v. 52, p. 167-171, 2002.

BURR, M.L. e PHILLIPS, K.M. Antropometric norms in the elderly. **British Journal of Nutrition**, v. 51, n. 2, p. 165-9, 1984.

CALLAWAY, C.W.; CHUMLEA, W.C.; BOUCHARD, C.; HIMES, J.H.; LOHMAN, T.G.; MARTIN, A.D. *et al*. Circumferences. In: Lohman TG, Roche AF, Martorell R, ed. **Anthropometric standardization reference manual.** Champaign: Human Kinetics Books; 1991. p. 44-5.

CAMPBELL, A.J.; SPEARS, G.F.S.; BROWN, J.S.; BUSBY, W.J.; BORRIE, M.J. Anthropometric measurements as predictors of mortality in a community population aged 70 years and over. **Age and Ageing**, v. 19, n. 2, p. 131-35, 1990.

CARVALHO, J.A.M.; GARCIA, R.A. O envelhecimento da população brasileira: um enfoque demográfico. Saúde Pública e envelhecimento. **Cadernos de Saúde Pública**, v.19, n. 3, p. 725-33, 2003.

CHAVÉZ-JÁUREGUI, R.N.; SILVA, M.E.M.P.; ARÊAS, J.A.G. Extrusion cooking process for amaranth (*Amaranthus caudatus* L.). **Journal of Food Science**, v. 65, n. 6, p. 1009-1015. 2000.

CONNOR, W.E.; CONNOR, S.L. Importance of diet in the tratament of familial hypercholesterolemia. **American Journal of Cardiology**, v. 72, n. 10, p. 42D-53D, 1993.

CONOVER, W. J. **Practical Nonparametric Statistics**. 3 ed. New York: John Wiley & Sons. 1998. 592 p.

CORTI, M.C.; GULKRALMIK, J.M.; SALIVE, M.E.; HARRIS, T. FIELD, T.S; WALLACE, R.B.; BERKMAN, L.F., SEEMAN, T.E.; GLYNN, R.J.; HENNEKENS, C.H. *et al.* HDL cholesterol predicts coronary heart disease mortality in older persons. **Journal of American Medical Association**, v. 274, p. 539-544, 1995.

DANIELS, T.F.; KILLINGER, K.M.; MICHAL, J.J.; WRIGHT JR., R.W.; JIANG, Z. Lipoproteins, cholesterol homeostasis and cardiac health. **International Journal of Biological Sciences**, v. 5, n. 5, p. 474-488, 2009.

DE GROOT, C.P.; VAN STAVEREN, W.A.; DIRREN, H.; HAUTVAST, J.G. Summary and conclusions of the report on the second data collection period and longitudinal analyses of the SENECA study. **European Journal Clinical Nutrition**, v. 50 (suppl. 2), p. S123-S124, 1996. a

DE GROOT, C.P.; PERDIGAL, A.L.; DEURENBERG, P. Longitudinal changes in anthropometric characteristics of the elderly Europeans. Seneca Investigators. **European Journal Clinical Nutrition**, v. 50 (suppl. 2), p. S9-S15, 1996. b

DUARTE, A.C.; CASTELLANI, F.R. **Semiologia Nutricional**. Rio de Janeiro: Axcel Books do Brasil. 2002. 128 p.

FILHO, C. T. E.; NETTO, M. P. **Geriatria fundamentos, clínica e terapêutica.** 2ª ed. São Paulo: Atheneu, 2006. 816 p.

FISBERG, M.; BANDEIRA, C.R.S.; BONILHA, E.A.; HALPERN, G., HIRSCHBRUCH, M.D. Hábitos alimentares na adolescência. **Pediatria Moderna**, v. 36, p. 766-70, 2000.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION/WORLD HEALTH ORGANIZATION. (FAO/WHO). **Protein quality evaluation**. Rome: Fao Food and Nutrition Paper. 1991. 66 p.

FORNÉS, N.S.; MARTINS, I.S.; VELASQUEZ-MELENDEZ, G.; LATORRE, M.R.D.O. Escores de consumo alimentar e níveis lipêmicos em população de São Paulo, **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 36, n. 1, p. 12-18, 2002.

FRISANCHO, A.R. New standards of weight and body composition by frame size and height for assessment of nutritional status of adults and the the elderly. **American Journal Clinical Nutrition**, v. 40, n. 4, p. 808-19, 1984.

FRISANCHO, A.R. **Anthropometric Standards for the Assessment of Growth and Nutritional Status.** The University of Michigan Press: Ann Arbor, 1990.

FROTA, K.W.G.; GUERRA-MATIAS, A.C.; ARÊAS, J.A.G. Influence of food components on lipid metabolism: scenarios and perspective on the control and prevention of dyslipidemias. **Ciência e Tecnologia de Alimentos,** v. 30, p. 7-14, 2010.

FUENTE, E.B.; TOVAR, L.R. Popping and cleaning of amaranth seeds in a fluidized bed. **Food and Bioproducts Processing**, v. 73c, p. 1830188, 1995.

GRAJETA, H. Effects of amaranthus (*Amaranthus cruentus*) seeds on lipid metabolism in rats. **Bromatologia i Chemia Toksykologiczna**, v. 30, n. 1, p 25–30, 1997.

GONOR, K.V.; POGOZHEVA, A.V.; KULAKOVA, S.N.; MEDVEDEV, F.A.; MIROSHNICHENKO, L.A. The influence of diet with including amaranth oil on lipid metabolism in patients with ischemic heart disease and hyperlipoproteidemia. **Voprosy Pitaniia***,* v. 75, n. 3, p. 17-21, 2006.

GORDON, C.C.; CHUMLEA, W.C.; ROCHE, A.F. Stature, recumbent length, and weight. In: LOHMAN T. G.; ROCHE A.F.; MARTORELL, R.; editors. **Antropometric standardization reference manual.** Champaign: Human Kinetics, 1988. p.3-8.

GURR, M.I.; FRAYN, K.N.; HARWOOD, J.L. Lipid transport. In:_____. **Lipid Biochemistry**. 5 ed. Oxford: Blackwell Science, 2002. cp. 5, p. 170-214.

HANGEN, S.R.; FROST, B.; AUGUSTIN, J. Precolumm phenylisothiocyanate derivatization and liquid-chromatography of amino-acids in food. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists**, v. 72, n. 6, pp. 912-916, 1989.

HEYMSFIELD, S.B.; McMANUS, C.; SMITH, J.; STEVENS, V.; NIXON, D.W. Anthropometric measurement of muscle mass: revised equations for calculating bone free arm muscle area. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 36, p. 680-90, 1983.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estudos e Pesquisas Informação Demográfica e Socioeconômica número 27. Síntese de Indicadores Sociais. Uma Análise das Condições de Vida da População Brasileira.** Rio de Janeiro: IBGE, 2010. 343 p.

IKONEN, E. Cellular cholesterol trafficking and compartmentalization. **Nature Reviews Molecular Cell Biology**, v. 9, p. 125-138, 2008.

IRVING, D.W.; BETSCHART, A.A.; SAUNDERS, R.M. Morphological studies on *Amaranthus cruentus*. **Journal of Food Science**, v. 46, p. 1170-74, 1981.

JENSEN, G.L., MCGEE, M.; BINKLEY, J. Nutrition in the elderly.

Gastroenterology Clinics of North America , v. 30. n. 2, p. 313-334, 2001.

KHATTREE, R.; NAIK, D.N. **Applied Multivariate Statistics with SAS Software**. 2 ed. Cary, NC: SAS Institute Inc. 1999. 369 p.

KIM, H.K.; KIM, M.J.; CHO, H.Y.; KIM. E-K.; SHIN, D.H. Antioxidative and antidiabetic effects of amaranth (*Amaranthus esculantus*) in streptozotocin-induced diabetic rats. **Cell Biochemistry and Function**, v. 24, n.3, p.195-199, 2006.

KIM, H.K.; MI-JEONG, K., DONG-HOON, S. Improvement of Lipid Profile by Amaranth *(Amaranthus esculantus)* Supplementation in Streptozotocin-Induced Diabetic Rats. **Annuary Nutrition and Metabolism***,* v. 50, p. 277-281, 2006.

KONISHI, Y.; IYOTA, H.; YOSHIDA, K.; MORITANI, J.; INOUE, T.; NISHIMURA, N.; NOMURA, T. Effect of moisture content on the expansion volume of popped amaranth seeds by hot air and superheated steam using a fluidized bed system. **Bioscience, Biotechnology and Biochemistry** , v. 68, p. 2186-2189, 2004.

LARA, N.; RUALES, J. Popping of amaranth grain (*Amaranthus caudatus*) and its effect on the functional, nutritional and sensory properties. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 82, p. 797-805, 2002.

LIBERMAN, A.; TADDEI, C.F.G; GRESPAN, S.M. Dislipidemias em octogenários. **Revista da Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo** , v. 15, n. 6, p. 524-531, 2005.

LOTTENBERG, A.M.P. Importância da gordura alimentar na prevenção e no controle de distúrbios metabólicos e da doença vascular. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia,** v. 53, n. 5, p. 595-607, 2009.

LUKASKI, H.C.; JOHNSON, P.E.; BOLONCHUCK, W.W., LYKKEN, G.I. Assessment of fat free mass using bio-electrical impedance measurements of the human body. **American Journal of Clinical Nutrition** , v. 41, p. 810-817, 1985.

MARTIROSYAN, D.M.; MIROSHNICHENKO, L.A.; KULAKOVA, S.N.; POGOJEVA, A.V.; ZOLOEDOV, V. Amaranth oil application for coronary heart disease and hypertension. **Lipids in Health and Disease***,* v. 6, n.1, p.1-12, 2007.

MENDONÇA, S.C.L; FORGE, P.T. Prevalência de dislipidemia em uma população com mais de 50 anos. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia,** v. 41, n. 4, p.183-7,1997.

MENDONÇA, S. ; SALDIVA, P. H. ; CRUZ, R. J. ; ARÊAS, J. A.G. Amaranth protein presents cholesterol-lowering effect. **Food Chemistry**, v. 116, p. 738-742, 2009.

MILLIKEN, G.A.; JOHNSON, D.E. **Analysis of Messy Data. Volume I: Designed**

Experiments. 2 ed. Boca Raton: CRC. 2008. 520 p.

MOHALLEN, D. **Impacto do consumo de cookies de amaranto (*Amaranthus cruentus* BRS-Alegria) e cookies de aveia, em horários estratégicos, no apetite de pessoas eutróficas e com sobrepeso**. 2006. Trabalho de Conclusão de Curso - Faculdade de Nutrição, Universidade de Vila Velha, ES, Brasil.

MONTGOMERY, D.C. **Design and Analysis of Experiments**. 6rd ed. New York: John Wiley & Sons. 2004, 660 p.

MOREIRAS, O. VAN STAVEREN, W.A.; CRUZ, J.A.; NES, M.; LUND-LARSEN, K. Intake of energy and nutrients: Euronut SENECA investigators. **European Journal Clinical Nutrition**, v. 45, (suppl. 3), p. 105-19, 1991.

MORIGUCHI, E.H.; DURGANTE, P.C.; CARAMORI, P.R. Doenças cardiovasculares e dislipidemias. In: BUSNELLO, F.M. A **spectos nutricionais no processo de envelhecimento**, São Paulo: Atheneu, 2007, p. 131-135.

MURRAY, R.K.; GRANNER, D.K.; MAYES, P.A.; RODWELL, V.W. **Harper: Bioquímica**, 9ª ed. São Paulo: Atheneu, 2002. 920 p.

NATIONAL CHOLESTEROL EDUCATION PROGRAM (NCEP) Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults (Adult Treatment Panel III). Executive summary of the third report of the National Cholesterol Education Program (NCEP) Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults (Adult Treatment Panel III). **Journal of American Medical Association-JAMA,** 285; p. 2486-2497, 2001.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Dietary Reference Intakes for Calcium, Phosphorus, Magnesium, Vitamin D, and Fluoride**. Washington (DC): National Academy Press; 1997.

_____. **Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids**. Washington (DC): National Academy Press, 2002.

NELSON, M.; FIATARONE, M.A.; LAYNE, J.E.; TRICE, I.; ECONOMOS C.D.; FIELDING, R.A.; PIERSON, R.N.; EVANS, W.J. Analysis of body-composition techniques and models for detecting change in soft tissue with strength training. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 63, n. 5, p. 678-686, 1996.

NOVAES, V.L.S.S. **Relação do estado nutricional, níveis séricos de colesterol, frações e triglicérdes com o consumo alimentar de gorduras e fibras em idosos**. 2003. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, Brasil.

NUTRITION SCREENING INITIATIVE. American Academy of Family Physicians, American Dietetic Association. **A physician's guide to nutrition in chronic disease management for older adults**. Leawood (KS): NSI; 2002.

PLATE, A.Y.A.; ARÊAS, J.A.G. Cholesterol-lowering effect of extruded amaranth *(Amaranthus caudatus L.)* in hypercholesterolemic rabbits. **Food Chemistry**, 76, 1, pp 1-6. 2002.

PINHEIRO, A.B.V.; LACERDA, E.M.A.; BENZECRY, E.M.; GOMES, M.C.S.; COSTA, V.M. **Tabela para Avaliação de Consumo Alimentar em Medidas Caseiras**. 4 ed. São Paulo: Atheneu. 2002. 131 p.

POPPER, H.; MANDEL, E.; MAYER, H. Zur Kreatininbestimmung im Blute. **Biochemishe Zeitschrift**, v. 291, p. 354- 367, 1937.

OLIVEIRA, E.P. de; SOUZA, M.L.A. da; LIMA, M. das D.A. Prevalência de Síndrome Metabólica em uma área rural do semi-árido baiano. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, v. 50, n. 3, p. 456-465, 2006.

RAMOS, L. R.. Fatores determinantes do envelhecimento saudável em idosos residentes em centro urbano: Projeto Epidoso, São Paulo. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 19, n.3, p. 793-797, 2003.

REPO-CARRASCO-VALENCIA, R.; PEÑA, J.; KALLIO, H.; SALMINEM, S. Dietary fiber and other functional components in two varieties of crude and extruded kiwicha (*Amaranthus caudatus*). **Journal of Cereal Science**, v. 49, p. 219-224, 2009.

RIBEIRO, P.; MORAIS, T.B.; COLUGNATI, F.A.B; SIGULEM, D.M. Tabelas de composição química de alimentos: análise comparativa com dados laboratoriais. **Revista de Saúde Pública**, v. 37, n. 2, p. 2216-2225, 2003.

ROCHA, L.M. **Comparação dos efeitos produzidos pelo consumo do grão de amaranto (*Amaranthus cruentus* L.) e de aveia (Avena sativa) em parâmetros da síndrome metabólica**. 2010. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade de Campinas, Campinas, Brasil.

RODRIGUES, G.H.P; NUSSBACHER, A. Presente e futuro das doenças subclínicas no idosos. In: **Diagnóstico e tratamento em cardiologia geriátrica**. 1ª ed. São Paulo: Manole, 4, 2005, p. 18-24.

ROSA, T. E. da C.; BENICIO, M. H. D.; LATORRE, M. do R. D. O. e RAMOS, L. R. Fatores determinantes da capacidade funcional entre idosos. **Revista de Saúde Pública**, v. 37, n.1, p. 40-48. 2003.

ROSS, R. Atherosclerosis–an inflammatory disease. **New England Journal Medicine,** v. 340, p. 115–126, 1999.

SALES, R.L.; COSTA, N.M.B.; MONTEIRO, J.B.R.; PELUZIO, M.C.G.; COELHO, S. B., OLIVEIRA, C.G.D.; MATTES, R. Efeitos dos óleos de amendoim, açafrão e oliva na composição corporal, metabolismo energético, perfil lipídico e ingestão alimentar de indivíduos eutróficos normolipidêmicos. **Revista de Nutrição**, v. 18, n. 4, p. 499-511, 2005 .

SCAGLIUSI, F.B.; LANCHA JUNIOR, A. H. Subnotificação da ingestão energética na avaliação do consumo alimentar. **Revista de Nutrição**, v. 16, n. 4, p. 471-481, 2003.

SAS Institute Inc. **The SAS System for Windows (Statistical Analysis System)**, versão 8.02, 1999-2001, Cary, NC, USA.

SCHWARTZBERG, H.G.; WU, J.P.C.; NUSSINOVITCH, A.; MUGERWA, J. Modelling deformation and flow during vapor-induced puffing. **Journal of Food Engineering**, v. 25, p. 329-372, 1995.

SILVA, J.M. e SALDANHA, C. Dieta, aterosclerose e complicações aterotrombóticas. **Revista Portuguesa de Cardiologia**, v. 26, n. 3, p. 277-294, 2007.

SIEGEL, S. **Estatística Não-Paramétrica para as Ciências do Comportamento**. 2 ed. São Paulo: Artmed. 2006. 448 p.

SINGHAL, R.S.; KULKARNI, P.R. Puffing effects on functional properties of *Amaranthus paniculatus* (Rajgeera) seed flour. **Journal of Food Science**, v. 56, p. 1121-1122, 1991.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA (SBC). IV Diretriz Brasileira sobre Dislipidemias e prevenção da Aterosclerose do Departamento de Aterosclerose da Sociedade Brasileira de Cardiologia. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia,** v. 88 (Suplemento I), p. 1-18, 2007.

SVIRIDOV, D.; NESTEL, P. Dynamics of reverse cholesterol transport: protection against atherosclerosis. **Atherosclerosis**, v. 161, n. 2, p. 245-254, 2002.

TALKE, H.; SCHUBERT, G.E. Enzymatic Harnstoffbestimmung in Blut und Serum in optischen Test Nach Warburg. **Klinishe Wochenschrift,** v. 43, p. 174-175, 1965.

THOMPSON, G.R. To treat or not to treat dyslipidemia in the asymptomatic elderly. In: LAKATTA, E.G. ed. **Vascular disease in the older person** . London: Parthenon Publishing Group, 1998, p. 105-115.

TIKEKAR, R.V.; KARWE, M.V. Development of a continuous method for puffing amaranth (*Amaranthus* spp.) seeds. **Journal of Food Process Engineering**, v. 32, p. 265-277, 2009.

TOSI, E.; RÉ, E.D.; MASCIARELLI, R.; CIAPPINI, M. Aplicatión de la técnica de lecho fluidizado a la producctión de rosetas de amaranto. **Alimentaria**, v. 269, p. 45-47, 1996.

TOVAR, L.R.; VALDIVIA, M.A.; BRITO, E. Popping amaranth, state of theart. In: PAREDES-LÓPEZ,O. (Ed). **Amaranth: biology, chemistry, and technology**. Boca Raton: CRC, 1994. p.143-154.

VERAS, R. Envelhecimento populacional contemporâneo: demandas, desafios e inovações. **Revista de Saúde Pública**, v. 43, n. 3, p. 548-554, 2009.

UNITED NATIONS ORGANIZATION, Department of International Economic and Social Affairs (UNO, Diesa). **Demographic Yearbook 1991**, special issue: Population Ageing and situation of the elderly persons. Nova York: Statical Office of The United Nations, Department of International Economic and Social Affairs (UNO, Diesa), 1991.

VERSCHUREN, W.M.M.; JACOBS, D.R.; BLOEMBERG, B.P.M.; MENOTTI, A.; ARAVANIS, C.; BLACKBURN, H. BUZINA, R.; DONTAS, A.S.; FIDANZA, F. *et al*. Serum total cholesterol and long-term coronary heart disease mortality in different cultures: twenty-five-year follow-up of the Seven Countries Study. **Journal of American Medical Association,** v. 274, p.131–36, 1995.

WAHLEFELD, A.W.; BERGMEYER, H.U., ed. **Methods of Enzymatic Analysis**. 2 ed. New York: Academic Press Inc, 1974, 1891 p.

WELCH, V.A.; BORLAK, J.T. Absorption and transport of dietary lipid. In: CHOW, C.K., ed. **Fatty acids in food and their health implications**. 3 ed. CRC Press, 2008, p. 561-590.

WENGER, N.K. Preventive cardiology in the elderly. **Current Opinion in Cardiology**, v. 12, p. 195-201, 1997.

WHITE, J.A.; HART, R.J.; KRY, J.C. An evaluation of the Waters Pico-Tag system for the amino acid analysis of food materials . **Journal of Automatic Chemistry,** v. 8, p. 170-177, 1986.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **The uses of Epidemiology in the study of the elderly**. Geneva, WHO, 1984. (Technical Report Series, 706).

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Physical Status: The use and interpretation of anthropometry.** Geneve: World Health Organization (WHO

Technical Report Series, 854), p. 1-36, 312-74, 1995.

WILSON, M.M.G.; PURUSHOTHAMAN, R.; MORLEY, J.E. Effect of liquid dietary supplements on energy intake in the elderly. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 75, n. 5, p. 994-947, 2002.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Envelhecimento ativo: uma política de saúde**. Tradução Suzana Gontijo. Brasília: Organização Pan-Americana de Saúde, 2005. 60 p.

YU-POTH, S.; ETHERTHON, T.D.; REDDY, C.C.; PEARSON, T.A.; REED, R.; ZHAO, G.; JONNALAGADDA, S.; WAN, Y.; KRIS-ETHERTON, P.M. Lowering dietary saturated fat and total fat reduces the oxidative susceptibility of LDL in healthy men and women**. Journal of Nutrition**, v. 130, n. 9, p. 2228-2237, 2000.

YOKOYAMA, S. Release of cellular cholesterol: molecular mechanism for cholesterol homeostasis in cells and in the body. **Biochimica et Biophysica Acta – Mollecular and Cell Biology of Lipids**, v. 1529, n. 1-3, p. 231-244, 2000.

ZAPOTOCZNY, P.; MARKOWSKI, M.; MAJEWSKA, K.; RATAJSKI, A.; KONOPKO, H. Effects of temperature on the physical, functional, and mechanical characteristics of hot-air-puffed amaranth seeds. **Journal of Food Engineering**, v. 76, n. 4, p. 469-476, 2006.

CONCLUSÃO GERAL

Por meio do delineamento experimental, com a ferramenta do Plackett & Burman, foi desenvolvida, a partir de uma formulação padrão com farinha de trigo, o *muffin* de maçã com farinha de amaranto. A formulação mais aceita, apresentou-se com alta porcentagem de intenção de compra e sua composição nutricional baixa em calorias e isenta de colesterol. O consumidor se mostra atualmente mais preocupado com sua saúde e mais informado acerca dos hábitos alimentares saudáveis. O aumento da consciência da população sobre a saúde e a sua associação com a dieta tende a aumentar o interesse da indústria alimentícia e dos consumidores pelo amaranto.

Na avaliação da pipoca de amaranto no perfil lipidêmico dos coelhos no período de dieta hipercolesterolêmica, ocorreu o aumento do peso, dos lípides plasmáticos, colesterol tecidual e peroxidação lipídica. Na fase da experimentação, ocorreu a diminuição dos valores de colesterol plasmático e frações, colesterol nas fezes, assim como houve aumento na excreção de ácidos biliares nas fezes, embora as diferenças não tenham sido significativas. O colesterol tecidual manteve-se aumentado em relação ao grupo G1 e a peroxidação lipídica se manteve em níveis normais. Embora tenha-se verificado que houve diminuição significativa dos níveis de colesterol com os coelhos hipercolesterolêmicos e alimentando-se de uma dieta com amaranto, também verificou-se que uma dieta normocolesterolêmica pode diminuir os níveis de colesterol em coelhos.

O efeito da pipoca de amaranto no perfil lipidêmico de idosos, apresentou aumento de colesterol total e diminuição do HDL-c. Ressalta-se que a pesquisa teve que ser suspensa, pois o efeito que estava ocorrendo foi negativo. As variáveis dietéticas apresentaram diferenças significantes ($p < 0,05$) na população estudada, em relação aos valores de carboidratos, fibras, cálcio, que se

mostraram aumentados. Por outro lado, pode-se observar neste período, que houve efeito nas variáveis antropométricas, ocorrendo a redução de peso e, consequentemente de IMC, assim como diminuição nas circunferências da cintura e quadril e aumento da porcentagem de massa magra.

Anexo 1: Ficha utilizada no teste de aceitação.

Teste de Aceitação
Avaliação Sensorial de M*uffin* de Maçã com Farinha de Amaranto

Nome:_____Idade:_____Data:_____

Amostra:_____

APARÊNCIA

Desgostei muitíssimo — Gostei muitíssimo

AROMA

Desgostei muitíssimo — Gostei muitíssimo

SABOR

Desgostei muitíssimo — Gostei muitíssimo

TEXTURA

Desgostei muitíssimo — Gostei muitíssimo

IMPRESSÃO GLOBAL

Desgostei muitíssimo — Gostei muitíssimo

Se esta amostra estivesse à venda, qual seria a sua atitude?

( ) Certamente compraria
( ) Provavelmente compraria
( ) Tenho dúvidas se compraria ou não
( ) Provavelmente não compraria
( ) Certamente não compraria

Comentários:_____

Anexo 2: Questionário atitude em relação à saúde- HTAS.

Nome:_____Data:_____

Instruções: estamos interessados em saber sua opinião sobre alimentação e como você decide sobre os alimentos que vai comer.

I – Dados Pessoais

Idade:	Sexo:	Escolaridade:
( ) 18 - 30 anos	( ) masculino	( ) 1º grau incompleto
( ) 31 - 40 anos	( ) feminino	( ) 1º grau completo
( ) 41 – 50 anos		( ) 2º grau incompleto
( ) 50 – 60 anos		( ) 2º grau completo
( ) 51 – 60 anos		( ) 3º grau incompleto
( ) 61 – 70 anos		( ) 3º grau completo
( ) 71 – acima		( ) pós-graduado

II – Interesse por saúde geral

	Discordo fortemente	Discordo	Discordo ligeiramente	Não concordo e nem discordo	Concordo ligeiramente	Concordo	Concordo fortemente
1. Eu sou muito preocupado sobre o quão saudáveis são os alimentos.	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )
2. Eu sempre sigo uma dieta saudável e balanceada.	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )
3. É importante para mim que minha dieta seja pobre em gordura.	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )
4. É importante para mim que minha alimentação diária contenha muitas vitaminas e minerais.	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )
5. Eu como o que eu gosto e eu não me preocupo com o quão saudável o alimento é.	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )
6. O quão saudável é o alimento tem pouco impacto nas minhas escolhas.	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )
7. O quão saudável os petiscos são não faz nenhuma diferença para mim.	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )
8. Eu não evito nenhum alimento, mesmo aqueles que podem elevar colesterol.	( )	( )	( )	( )	( )	( )	( )

Anexo 3: Aprovação do Comitê de Ética no Uso em Animais, CEUA/UNICAMP.

UNICAMP

CEUA/Unicamp

Comissão de Ética no Uso de Animais
CEUA/Unicamp

C E R T I F I C A D O

Certificamos que o Protocolo nº **2100-1**, sobre **"Efeito do consumo de amaranto em grão expandido (popped) na regulação da dislipidemia em coelhos hipercolesterolêmicos"**, sob a responsabilidade de **Prof. Dr. Jaime Amaya-Farfan / Valéria Maria Caselato de Sousa**, está de acordo com os Princípios Éticos na Experimentação Animal adotados pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA), tendo sido aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais – CEUA/Unicamp em **08 de março de 2010**.

C E R T I F I C A T E

We certify that the protocol nº **2100-1**, entitled **"Effect of expanded amaranth seeds (popped) consuption on the regulation of the dyslipidemia in hypercholesterolaemic rabbits"**, is in agreement with the Ethical Principles for Animal Research established by the Brazilian College for Animal Experimentation (COBEA). This project was approved by the institutional Committee for Ethics in Animal Research (State University of Campinas - Unicamp) on **March 8, 2010**.

Campinas, 25 de julho de 2011.

2ª. VIA

Profa. Dra. Ana Maria A. Guaraldo
Presidente

Fátima Alonso
Secretária Executiva

CEUA/UNICAMP
Caixa Postal 6109
13083-970 Campinas, SP – Brasil

Telefone: (19) 3521-6359
E-mail: comisib@unicamp.br
http://www.ib.unicamp.br/ceea/

Anexo 4: Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa, Faculdade de Ciências Médicas/UNICAMP.

FACULDADE DE CIÊNCIAS MÉDICAS
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

www.fcm.unicamp.br/pesquisa/etica/index.html

CEP, 18/02/08.
(Grupo III)

PARECER CEP: N° 880/2007 (Este n° deve ser citado nas correspondências referente a este projeto)
CAAE: 0634.0.146.000-07

I - IDENTIFICAÇÃO:

PROJETO: **"EFEITO DO CONSUMO DE AMARANTO (AMARANTHUS CUENTUS VAR. BRS-ALEGRIA) NO PERFIL LIPIDÊMICO DE IDOSOS".**
PESQUISADOR RESPONSÁVEL: Valéria Maria Caselato de Souza
INSTITUIÇÃO: Faculdade de Engenharia de Alimentos / UNICAMP
APRESENTAÇÃO AO CEP: 12/11/2007
APRESENTAR RELATÓRIO EM: 27/11/08 (O formulário encontra-se no *site* acima)

II - OBJETIVOS

Estudar os efeitos de um biscoito do tipo cookie em uma população de idosos com desvio de perfil lipidêmico.

III - SUMÁRIO

O desenho do estudo prevê 2 grupos de idosos com alterações de perfil lipidico, 30 sujeitos em cada, residente em instituições de logo permanência. Um grupo devera consumir 4 unidades do produto 2 vezes ao dia, sendo no café da manhã e no lanche da tarde. Paralelamente, o outro grupo deverá consumir a mesma quantidade de um biscoito com as mesmas características fisicas, mas composto por farinha de arroz. Os sujeitos serão avaliados pelo estado nutricional, exames bioquímicos, dados antropométricos e clínicos. Alem disso, será aplicado um questionário de qualidade de vida WHOQQL – breve no inicio e fim do tratamento. Os dados serão comparados estatisticamente, visando verificar as alterações obtidas durante o periodo de intervenção de 3 meses.

IV - COMENTÁRIOS DOS RELATORES

O projeto encontra-se adequado à Resolução CNS/MS 196/96 e suas complementares, bem como o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

V - PARECER DO CEP

O Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências Médicas da UNICAMP, após acatar os pareceres dos membros-relatores previamente designados para o presente caso e atendendo todos os dispositivos das Resoluções 196/96 e complementares, resolve aprovar sem restrições o Protocolo de Pesquisa, bem como ter aprovado o Termo do Consentimento Livre e Esclarecido, assim como todos os anexos incluídos na Pesquisa supracitada. O conteúdo e as

Comitê de Ética em Pesquisa - UNICAMP
Rua: Tessália Vieira de Camargo, 126
Caixa Postal 6111
13081-971 - Campinas - SP

FONE (019) 3521-8936
FAX (019) 3521-7187
cep@fcm.unicamp.br

conclusões aqui apresentados são de responsabilidade exclusiva do CEP/FCM/UNICAMP e não representam a opinião da Universidade Estadual de Campinas nem a comprometem.

VI - INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

O sujeito da pesquisa tem a liberdade de recusar-se a participar ou de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado (Res. CNS 196/96 – Item IV.1.f) e deve receber uma cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, na íntegra, por ele assinado (Item IV.2.d).

Pesquisador deve desenvolver a pesquisa conforme delineada no protocolo aprovado e descontinuar o estudo somente após análise das razões da descontinuidade pelo CEP que o aprovou (Res. CNS Item III.1.z), exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao sujeito participante ou quando constatar a superioridade do regime oferecido a um dos grupos de pesquisa (Item V.3.).

O CEP deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo (Res. CNS Item V.4.). É papel do pesquisador assegurar medidas imediatas adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e enviar notificação ao CEP e à Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA – junto com seu posicionamento.

Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas. Em caso de projeto do Grupo I ou II apresentados anteriormente à ANVISA, o pesquisador ou patrocinador deve enviá-las também à mesma junto com o parecer aprovatório do CEP, para serem juntadas ao protocolo inicial (Res. 251/97, Item III.2.e)

Relatórios parciais e final devem ser apresentados ao CEP, de acordo com os prazos estabelecidos na Resolução CNS-MS 196/96.

VI - DATA DA REUNIÃO

Homologado na XI Reunião Ordinária do CEP/FCM, em 27 de novembro de 2007.

Profa. Dra. Carmen Silvia Bertuzzo
PRESIDENTE DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA
FCM / UNICAMP

Anexo 5: Orientação para a realização da Avaliação Dietética

Avaliação Dietética

- ANOTAR O ALIMENTO, TIPO DE PREPARAÇÃO E QUANTIDADE POR PORÇÃO OU MEDIDA CASEIRA (EX. 1 COLHER DE ARROZ CHEIA, 1 COPO DE LEITE, 1 BIFE PEQUENO À MILANESA, 200 ML DE SUCO DE ABACAXI, ETC).

- ANOTAR DURANTE TRÊS (3) DIAS, QUE DEVEM SER INTERCALADOS, SENDO QUE UM DELES DEVE SER NO FINAL DE SEMANA (EX. DOMINGO / TERÇA / QUINTA; QUINTA / SÁBADO / SEGUNDA).

- ANOTAR TODOS OS ALIMENTOS QUE INGERIR, INCLUSIVE, ÁGUA, BALAS, CHICLETE, CHOCOLATES, ETC.

- ANOTAR OS HORÁRIOS DAS REFEIÇÕES NAS LATERAIS.

Anexo 6: Modelo de calendário utilizado.

CALENDÁRIO PARA A INGESTÃO DO PRODUTO

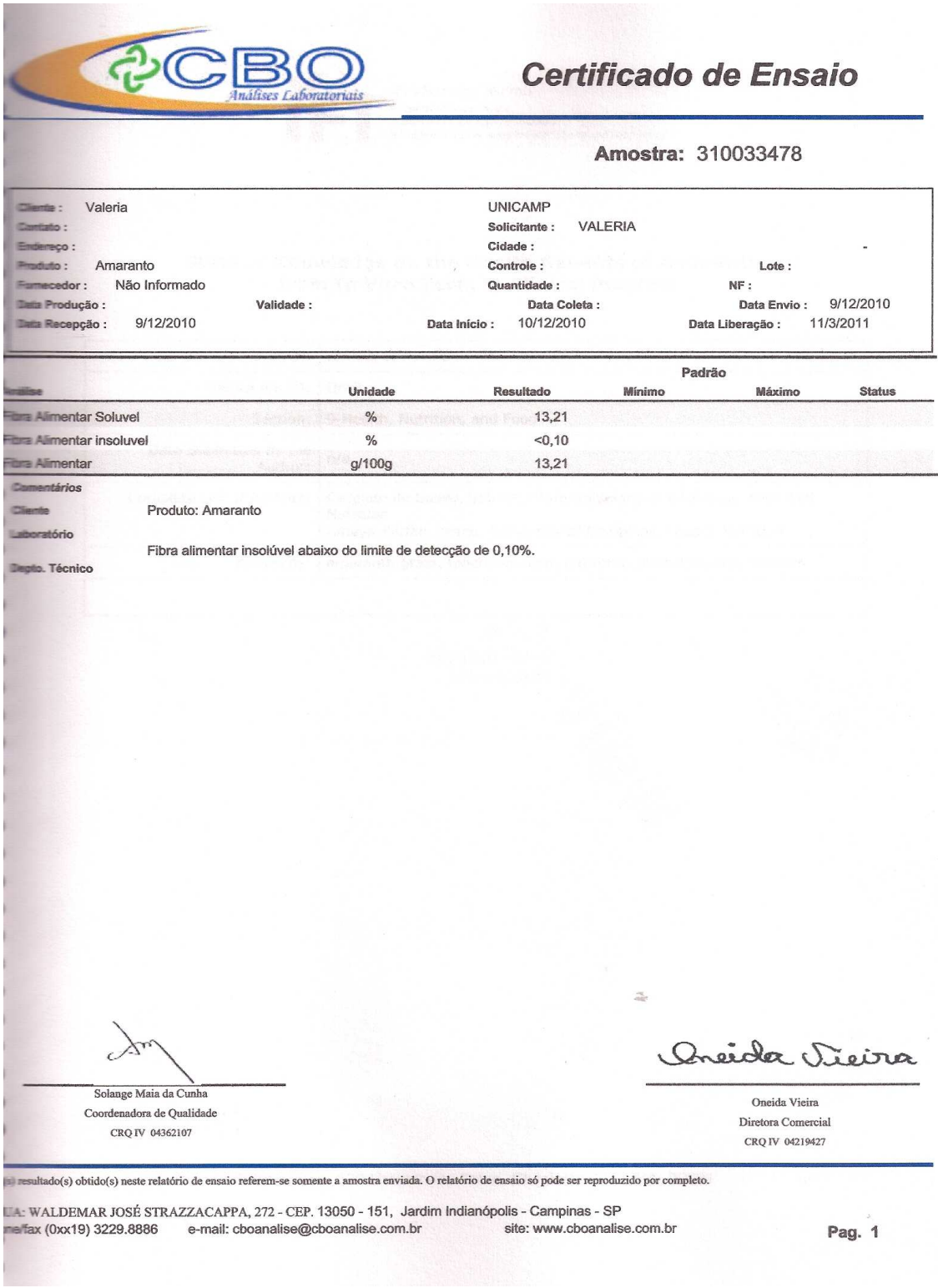
1. Para cada mês existe um calendário específico
2. Para o controle correto ser realizado, é necessário marcar no dia específico com um X, depois que terminar de ingerir todo o produto.
3. Os dias marcados com cor, são os dias que o Sr.(a) deverá vir a clínica para uma avaliação. Neste dia o Sr.(a) se encontrará com a nutricionista e deverá estar em jejum.
4. A pesquisa terá a duração de 3 meses.

MÊS: OUTUBRO

Domingo	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira	Sábado
					01	**02**
03	**04**	**05**	**06**	**07**	**08**	**09**
10	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**
						início
17	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**
24	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
31						

Observações:_____
_____

Anexo 7: Análise de composição de fibras solúveis e insolúveis do amaranto.



CBO Análises Laboratoriais

Certificado de Ensaio

Amostra: 310033478

Cliente :	Valeria	UNICAMP	
Contato :		**Solicitante :**	VALERIA
Endereço :		**Cidade :**	-
Produto :	Amaranto	**Controle :**	**Lote :**
Fornecedor :	Não Informado	**Quantidade :**	**NF :**
Data Produção :	**Validade :**	**Data Coleta :**	**Data Envio :** 9/12/2010
Data Recepção :	9/12/2010	**Data Início :** 10/12/2010	**Data Liberação :** 11/3/2011

Análise	Unidade	Resultado	Padrão Mínimo	Padrão Máximo	Status
Fibra Alimentar Soluvel	%	13,21			
Fibra Alimentar insoluvel	%	<0,10			
Fibra Alimentar	g/100g	13,21			

Comentários

Cliente Produto: Amaranto

Laboratório

Fibra alimentar insolúvel abaixo do limite de detecção de 0,10%.

Depto. Técnico

Solange Maia da Cunha
Coordenadora de Qualidade
CRQ IV 04362107

Oneida Vieira
Diretora Comercial
CRQ IV 04219427

(s) resultado(s) obtido(s) neste relatório de ensaio referem-se somente a amostra enviada. O relatório de ensaio só pode ser reproduzido por completo.

EA: WALDEMAR JOSÉ STRAZZACAPPA, 272 - CEP. 13050 - 151, Jardim Indianópolis - Campinas - SP
ne/fax (0xx19) 3229.8886 e-mail: cboanalise@cboanalise.com.br site: www.cboanalise.com.br

Pag. 1

Anexo 8: Artigo on press “State of knowledge on the health benefits of amaranth: from in vitro tests to clinical practice.”

Journal of Food Science

State of Knowledge on Amaranth Grain: A comprehensive Review

Journal:	*Journal of Food Science*
Manuscript ID:	JFS-2011-0908.R1
Section:	3 Concise Reviews and Hypotheses in Food Science
Date Submitted by the Author:	n/a
Complete List of Authors:	Caselato de Sousa, Valeria; University of Campinas, Food and Nutrition Amaya-Farfan, Jaime; University of Campinas, Food & Nutrition
Keywords:	amaranth grain, functional food, nutritional value, clinical studies, humans

SCHOLARONE™
Manuscripts