



CRISTIANE DE OLIVEIRA LOPES

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA E INFLUÊNCIA DO
CONSUMO DE FARINHAS DE QUINOA
(*Chenopodium quinoa*) PROCESSADAS NOS
NÍVEIS GLICÊMICOS E LIPIDÊMICOS DE
RATOS WISTAR**

LAVRAS - MG

2011

CRISTIANE DE OLIVEIRA LOPES

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA E INFLUÊNCIA DO CONSUMO DE
FARINHAS DE QUINOA (*Chenopodium quinoa*) PROCESSADAS NOS
NÍVEIS GLICÊMICOS E LIPIDÊMICOS DE RATOS WISTAR**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos para a obtenção do título de Mestre.

Orientadora

Dra. Maria de Fátima Piccolo Barcelos

LAVRAS - MG

2011

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Lopes, Cristiane de Oliveira.

Composição química e influência do consumo de farinhas de quinoa (*Chenopodium quinoa*) processadas nos níveis glicêmicos e lipídêmicos de ratos wistar / Cristiane de Oliveira Lopes. – Lavras : UFLA, 2011.

152 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2011.

Orientador: Maria de Fátima Piccolo Barcelos.

Bibliografia.

1. Germinação. 2. Fermentação. 3. Assamento. 4. Glicemia. 5. Lipidemia. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 664.725

CRISTIANE DE OLIVEIRA LOPES

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA E INFLUÊNCIA DO CONSUMO DE
FARINHAS DE QUINOA (*Chenopodium quinoa*) PROCESSADAS NOS
NÍVEIS GLICÊMICOS E LIPIDÊMICOS DE RATOS WISTAR**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 24 de fevereiro de 2011.

Dr. Éric Batista Ferreira UNIFAL

Dr. Raimundo Vicente de Sousa UFLA

Dr. Michel Cardoso de Angelis Pereira UFLA

Dra. Maria de Fátima Pícolo Barcelos
Orientadora

LAVRAS – MG

2011

À minha família, meus pais, Nelma e Cristiano, meus irmãos, Amanda e Rogério, meu sobrinho afilhado Guilherme, meus avós, Levindo e Zóe, a todos os meus tios e primos, que foram compreensivos, entendo minhas ausências em momentos importantes, apoiando minhas decisões e fazendo eu me sentir querida, contribuindo de forma especial e significativa para que eu tivesse forças para continuar trabalhando. Sem vocês não seria possível alcançar mais essa vitória, todos foram imprescindíveis.

Dedico à vocês com muito carinho e amor.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, por me guiar e permitir que eu crescesse com as diversas dificuldades que encontrei nessa caminhada.

Aos meus pais, Cristiano e Nelma, que nunca duvidaram da minha capacidade e me deram as condições necessárias para que eu buscasse os meus ideais.

Aos meus queridos irmãos, Rogério e Amanda, que torceram pelo meu sucesso.

Ao meu sobrinho afilhado Guilherme, que com seu carinho, alegria e espontaneidade consegue encher minha vida de luz, mesmo sendo tão pequenino.

À minha querida tia Raminhos e ao tio Roberto, que me receberam com muito carinho e dedicação. Vocês conseguiram amenizar as inúmeras dificuldades que tive que enfrentar durante a minha estadia em Lavras, sou eternamente grata.

À Felipe, que me ajudou a lutar pelos meus sonhos e me acompanhou durante a maior parte dessa jornada, dando apoio, carinho e atenção sempre que possível, mesmo estando longe.

Ao Departamento de Ciência dos Alimentos (DCA) da Universidade Federal de Lavras (UFLA) por me receber como aluna de mestrado.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pela concessão de bolsa.

À minha orientadora, Prof.^a Maria de Fátima Piccolo Barcelos, pelo exemplo de liderança e dedicação ao trabalho, pela confiança nas minhas atividades de pesquisa, pelas orientações e pela amizade e carinho que sempre demonstrou dentro e fora do laboratório.

Aos meus co-orientadores, Prof. Michel Cardoso De Angelis Pereira, que se dedicou a este trabalho e de forma muito perspicaz ajudou a conduzir o experimento, e ao Prof. Raimundo, que abriu as portas do Departamento de Medicina Veterinária para equipe do Departamento de Ciência dos Alimentos, sem sua ajuda não seria possível realizar o ensaio *in vivo*.

Ao Prof. Carlos Sphear por nos ceder as sementes de quinoa necessárias para realização do trabalho.

Ao Prof. Marcelo Eustáquio da Escola de Nutrição da Universidade Federal de Ouro Preto, que dou os animais para o experimento.

À farmácia DROGASIL de Lavras-MG, por contribuir com o aparelho glicosímetro e as fitas glicosímetras, necessárias para as análises de glicemia dos animais experimentais.

À empresa Novozymes pela doação das enzimas que foram fundamentais para as análises de fibra alimentar e amido resistente.

À Prof.^a Flávia Maria Lopes Passos da Universidade Federal de Viçosa (UFV), por permitir que utilizássemos o Cromatógrafo Líquido de Alta Eficiência para realização das análises de ácidos orgânicos, glicose e frutose, e ao aluno de pós graduação Rafael Hermano da UFV, pelas contribuições durante a realização das análises.

Aos professores do DCA Prof. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas, que por várias vezes nos cedeu gentilmente reagentes para realização das análises, e a Prof.^a Roberta Hilsdorf Piccoli, que contribuiu na seleção da melhor forma de fermentar a farinha da quinoa e ainda abriu as portas da UFV para a realização de análises importantes.

Ao Prof. Wilson César de Abreu que colaborou no delineamento do trabalho e nas análises estatísticas, além de participar ativamente de trabalhos paralelos essenciais para o desenvolvimento deste projeto.

Ao Prof. Éric Ferreira Batista da Universidade Federal de Alfenas, pela colaboração nas análises estatísticas.

Às minhas orientadoras de graduação, Prof.^a Dra. Nísia Andrade Villela Dessimone Pinto e Prof.^a Dra. Lílian Pantoja da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), por conduzirem os meus primeiros passos na pesquisa e se tornarem minhas conselheiras e amigas.

À Lucilene, secretária da pós-graduação do DCA, à Rhaimá, administradora do DCA e a Adriana, secretária geral do DCA, que sempre me atenderam com muita boa vontade e gentileza.

Às técnicas de laboratório do DCA/UFLA, Tina, Creusa e Flávia, e ao auxiliar de serviços gerais Sr. Miguel, pelas contribuições com conhecimentos analíticos e principalmente pelos incentivos e ombro amigo.

Ao Wilian, técnico de laboratório do DMV da UFLA, que contribuiu no desenvolvimento desse trabalho com suas sugestões e conhecimentos cirúrgicos, e aos alunos da veterinária: Vivian, Bruno e Luiz, que foram imprescindíveis nos momentos finais do experimento *in vivo*.

Ao colega de pós-graduação, Renato Leal, que me ajudou a conduzir as análises de fibra alimentar e amido resistente.

Aos estagiários Gustavo, Bruna e Kely, pelas colaborações para realização deste trabalho.

Às meninas da limpeza, Elôiza, Ângela e Denise, que sempre deixam o departamento limpo e organizado, proporcionando um ambiente de trabalho alegre e agradável.

As amigas que conquistei durante o curso, todos estarão para sempre em meu coração.

Enfim, agradeço a todos aquele que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

RESUMO

A quinoa (*Chenopodium quinoa*) é um pseudocereal milenar constantemente referido por suas funções nutricionais benéficas a saúde, no entanto, o processamento de assamento a altas temperaturas associado a adição de água em grande quantidade, pode provocar alterações dessas características benéficas da quinoa. Por outro lado, os processos de germinação e fermentação podem contribuir para preservação ou incremento das funções benéficas dos alimentos em geral. Com o objetivo de avaliar tais alterações sobre a quinoa, farinhas de quinoa crua e assada (FQGC, FQGA), farinhas de quinoa fermentada crua e assada (FQFC, FQFA) e farinha de quinoa germinada/fermenta crua e assada (FQGFC, FQGFA) foram estudadas quanto às modificações químicas e seus feitos glicêmicos e lipidêmicos em ratos wistar. As análises químicas realizadas revelaram que a fermentação das FQ e FQG provocou elevação do teor de lipídio destas, por outro lado, o processo de assamento levou a diminuição do teor de lipídios de todas as farinhas de quinoa. Os processos de germinação, fermentação e assamento, associados ou não, não foram eficientes na elevação do teor de amido resistente (AR) nas farinhas de quinoa, porém, a germinação das sementes de quinoa elevou o teor de fibra alimentar total (FAT) da FQGC em 3,2% em relação a FQC, e a fermentação da FQG provocou aumento de 6,9% no teor FAT em relação a FQC. Além disso, a associação dos processos de germinação, fermentação e assamento foi capaz de elevar em 11,5% o teor de FAT da FQGFA em relação à FQA. A FQFC foi a mais calórica dentre as farinhas de quinoa processadas, contudo, após o assamento, a FQFA se tornou menos calórica que a FQC e FQA. A funcionalidade, no organismo, das FQA, FQGA, FQFA e FQGFA, foi testada em 36 ratos wistar machos, alimentados com dietas AIN 93-M adicionadas de 31,5% de glicose e 15% das respectivas farinhas de quinoa processadas em detrimento do amido de milho da dieta padrão. Foi possível observar redução significativa do colesterol total, LDL-colesterol, VLDL-colesterol, triacilgliceróis e hemoglobina glicada ($p \leq 0,05$) dos grupos de animais tratados com dietas contendo farinhas de quinoa processadas em relação ao grupo de animais tratados com dieta padrão ou com dieta com alto teor de glicose sem adição de farinha de quinoa. O HDL-colesterol apresentou um incremento nos animais tratados com dietas contendo farinhas de quinoa processadas. Os mecanismos de ação hipoglicemiante e hipocolesterolemia da quinoa provavelmente estão relacionados com os substratos contidos em suas farinhas processadas (fibras alimentares, proteínas, características do amido). A adição de farinhas de quinoa processadas em dietas com alto teor de glicose foi eficaz na supressão dos efeitos deletérios desta ao organismo dos animais, sendo o melhor efeito preventivo obtido no grupo de animais que consumiram dieta contendo FQGFA.

Palavras-chave: Germinação. Fermentação. Assamento. Glicemia. Lipidemia.

ABSTRACT

Quinoa (*Chenopodium quinoa*) is an ancient pseudocereal constantly referred to by their nutritional functions benefic to health. However, the process of baking at high temperatures associated with the addition of water in large quantities, can cause changes to these benefic characteristics of quinoa. Moreover, the processes of germination and fermentation can contribute for preservation or enhancement of the benefic functions of food in general. Aiming to evaluate such changes on quinoa, quinoa flour raw and baked (QFR, QFB), germinated quinoa flour raw and baked (GQFR, GQFB), fermented quinoa flour raw and baked (FQFR, FQFB) and germinated / fermented quinoa flour raw and baked (GFQGR, GFQFB) were studied as to chemical modifications and their effects on glucose and lipid blood indexes in rats. The chemical analysis showed that the fermentation of QF and GQF elicited an increase of lipid content of these, on the other hand, the process of baking resulted in a decrease of lipid content of every flour of quinoa. The processes of germination, fermentation and baking, associated or not, were not effective in raising the level of resistant starch (RS) in quinoa flour, but the germination of quinoa seeds increased the total dietary fiber (TDF) content of GQFR at 3.2% compared to QFR, and fermentation of GQF caused an increase of 6.9% in the TDF content in relation to QFR. Moreover, the association of processes of germination, fermentation and baking has managed to increase by 11.5% the TDF content in GFQFB in relation to the QFB. The FQFR was the most caloric amongst others processed quinoa flours, however, after baking, the FQFB became less caloric than the QFR and QFB. The functionality of QFB, GQFB, FQFB and GFQFB in live organism was tested in 36 male Wistar rats fed with AIN 93-M diets supplemented by 31.5% glucose content and 15% of its processed quinoa flour at the expense of cornstarch standard diet. It was possible to observe a significant reduction in total cholesterol, LDL-c, VLDL-c, triacylglycerols and glycated hemoglobin ($p \leq 0.05$) in the groups of animals treated with diets containing processed quinoa flours compared to animals treated with standard diet or a diet with high glucose levels without the addition of quinoa flour. HDL-c levels increased in animals treated with diets containing processed quinoa flours. The mechanisms of hypoglycemic and hypocholesterolemic actions quinoa are probably related to the substrates contained in their processed flours (dietary fiber, proteins, starch characteristics). The addition of quinoa flour processed in diets with high content of glucose was effective in suppressing its deleterious effects on the organism of animals, the best preventive effect obtained in the group of animals fed with diets containing GFQB.

Keywords: Germination. Fermentation. Baking. Glycemia. Lipidemia.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO 1

- Figura 1 Fotomicrografia de grânulo de amido por microscópio eletrônico de varredura, conforme Wright et al. (2002)..... 24

CAPÍTULO 2

- Figura 1 Fluxograma das etapas dos processamentos das farinhas de quinoa . 56
- Gráfico 1 Sólidos Solúveis Totais (SST %), Acidez Total Titulável (ATT) e pH da água do processo fermentativo da farinha de quinoa crua (FQC) no período de 6 dias a 25°C..... 73
- Gráfico 2 Sólidos Solúveis Totais (SST %), Acidez Total Titulável (ATT) e pH da água do processo fermentativo da farinha de quinoa germinada crua (FQGC) no período de 8 dias a 25°C..... 74
- Gráfico 3 Caracterização da fibra insolúvel e do amido resistente em relação ao tipo de processamento aplicado nas farinhas de quinoa..... 92
- Gráfico 4 Percentual de amido total nas farinhas de quinoa processadas. Colunas com a mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade 93
- Gráfico 5 Concentrações de açúcares totais, glicose e frutose nas farinhas de quinoa processadas 96

CAPÍTULO 3

- Figura 1 Fluxograma de elaboração das farinhas de quinoa germinada, fermentada e assada 118
- Gráfico 1 Índice glicêmico (IG) das dietas experimentais controle (dieta A), de alto teor de glicose (dieta B), com 15% de farinha de quinoa assada (dieta C), com 15% de farinha de quinoa fermentada assada (dieta E) e com 15% de farinha de quinoa germinada/fermentada assada (dieta F). Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade 136
- Gráfico 2 Média da hemoglobina glicada (HbA1) dos animais experimentais..... 140

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 1	Rendimento das sementes de quinoa germinadas, das farinhas de quinoa germinadas, fermentadas, assadas e volume médio de adição de água (mL/100g) para o preparo das farinhas assadas	69
Tabela 2	Composição centesimal em matéria seca (MS) e valor energético de farinhas de quinoa submetidas a diferentes processamentos	77
Tabela 3	Valores médios de fibra solúvel, fibra insolúvel, amido resistente e percentual (%) de amido resistente em relação à fibra insolúvel nas farinhas de quinoa submetidas a diferentes formas de processamento.....	88
Tabela 4	Valores médios de pH, acidez (%) e sólidos solúveis (%) das farinhas de quinoa.....	99
Tabela 5	Média do percentual dos ácidos orgânicos (\pm %CV) presentes nas farinhas de quinoa submetidas a diferentes formas de processamento.....	102

CAPÍTULO 3

Tabela 1	Composição da dieta controle padrão, dieta controle de alto índice glicêmico de das dietas de alto índice glicêmico com adição de farinhas de quinoa processadas (g/kg).....	121
Tabela 2	Consumo médio diário (CMD), ganho médio de peso diário (GMD) e coeficiente de eficácia alimentar (CEA) dos animais experimentais durante a segunda etapa do tratamento.....	127
Tabela 3	Peso médio do tecido adiposo epididimário e fígado (g).....	130
Tabela 4	Média da glicemia de jejum inicial e final (mg/dL) e glicemia pós-prandial dos animais submetidos ao tratamento com as dietas experimentais.....	132
Tabela 5	Média dos resultados das análises bioquímicas seguidas do coeficiente de variação em percentual (CV%).....	142

SUMÁRIO

	CAPÍTULO 1 Características da quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i>) e efeitos do seu consumo	15
1	INTRODUÇÃO GERAL	15
2	OBJETIVOS	17
2.1	Objetivo geral	17
2.2	Objetivos específicos	17
3	REFERENCIAL TEÓRICO	19
3.1	Considerações gerais sobre a quinoa	19
3.1.1	Histórico	19
3.1.2	Classificação botânica da quinoa, descrições da planta e aspectos agronômicos	20
3.1.3	Composição química da quinoa: qualidades e aspectos	22
3.1.4	Utilização da quinoa	26
3.1.5	Quinoa como alimento funcional	27
3.2	Índice glicêmico (IG) dos alimentos	30
3.3	Influência do tipo de amido e do processamento do alimento sobre a glicemia	33
3.4	Efeitos metabólicos das variações do índice glicêmico da dieta	36
3.5	Efeitos metabólicos do carboidrato na produção de triacilglicerol	39
3.6	Alterações químicas nos alimentos decorrentes dos processos de germinação e fermentação	40
3.6.1	Germinação	40
3.6.2	Fermentação	42
	REFERÊNCIAS	46
	CAPÍTULO 2 Composição química de farinhas de quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i>) processadas	51
1	INTRODUÇÃO	53
4	MATERIAL E MÉTODOS	55
4.1	Obtenção das farinhas de quinoa	55
4.1.1	Processo de germinação	57
4.1.2	Processo de fermentação	57
4.1.3	Processo de assamento	58
4.2	Rendimento das sementes de quinoa germinadas e das farinhas de quinoa processadas	59
4.3	Análises químicas	59
4.3.1	Composição centesimal e calorias	60
4.3.2	Fibra alimentar total, solúvel e insolúvel das farinhas de quinoa	61

4.3.3	Determinação de pH das farinhas de quinoa fermentadas e não fermentadas.....	62
4.3.4	Sólidos solúveis totais das farinhas de quinoa fermentadas e não fermentadas.....	62
4.3.5	Acidez titulável das farinhas de quinoa fermentadas e não fermentadas.....	63
4.3.6	Açúcares totais.....	63
4.3.7	Teor de amido total e amido resistente.....	64
4.3.8	Quantificação de ácidos orgânicos, glicose e frutose por CLAE.....	67
4.4	Análise estatística.....	68
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	69
5.1	Rendimento das sementes de quinoa germinadas e das farinhas de quinoa obtidas após processo germinativo, fermentativo e assamento.....	69
5.2	Análises químicas das farinhas de quinoa cruas durante o processo de fermentação.....	72
5.3	Análises químicas das farinhas processadas.....	76
5.3.1	Composição centesimal e teor energético.....	76
5.3.2	Análise de fibra solúvel, fibra insolúvel e amido resistente.....	87
5.3.3	Análise de amido total das farinhas de quinoa.....	93
5.3.4	Análise de açúcares totais, glicose e frutose nas farinhas de quinoa.....	95
5.3.5	Análise de pH, acidez titulável e sólidos solúveis.....	99
5.3.6	Ácidos orgânicos.....	101
6	CONCLUSÕES.....	104
	REFERÊNCIAS.....	105
	CAPÍTULO 3 Influência do consumo de farinhas de quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i>) processadas nos níveis glicêmicos e lipidêmicos de ratos wistar.....	111
1	INTRODUÇÃO.....	114
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	116
4.1	Elaboração das farinhas de quinoa.....	116
4.2	Ensaio <i>in vivo</i>	119
4.2.1	Controle da ingestão alimentar e desenvolvimento ponderal.....	122
4.2.2	Glicemia.....	122
4.2.3	Hemoglobina glicada.....	124
4.2.4	Triacilgliceróis.....	124
4.2.5	Quantificação do colesterol total e frações.....	125
4.2.6	Eutanásia dos animais.....	125
4.2.7	Pesos do tecido adiposo epididimário e fígado dos animais experimentais.....	126
4.3	Análises estatísticas.....	126

5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	127
6	CONCLUSÕES	147
	REFERÊNCIAS	148
	ANEXO	152

CAPÍTULO 1

Características da quinoa (*Chenopodium quinoa*) e efeitos do seu consumo

1 INTRODUÇÃO GERAL

A correlação inversa entre a precocidade do surgimento de doenças crônicas não transmissíveis e o hábito do consumo de uma alimentação adequada tem se consolidado cada vez mais com a busca por compostos bioativos presentes em fontes alimentares. O consumo de alimentos funcionais é capaz de produzir efeitos benéficos para saúde por meio de componentes químicos bioativos presentes naturalmente nestes.

A partir desta crescente busca por alimentos com propriedades funcionais, pesquisadores redescobriram um alimento milenar, a quinoa (*Chenopodium quinoa*), já conhecida há muitos anos por suas características alimentares diferenciadas.

A quinoa é um pseudocereal de origem Andina, cultivada principalmente na Argentina, Chile, Bolívia, Equador, Colômbia e Peru, mas se encontra em expansão por todos continentes, isto porque, além de apresentar qualidades nutricionais importantes, ela adapta-se facilmente aos mais variados tipos de solos e condições climáticas (BRADY et al., 2007; SPEHAR; SANTOS, 2002).

Este pseudocereal geralmente é vendido sob a forma de grão inteiro e suas principais aplicações alimentícias são no preparo produtos semelhantes a aqueles dos cereais tradicionais.

A quinoa possui baixo índice glicêmico e essa característica é proveniente das fibras alimentares e do amido resistente presentes em sua constituição. Esta característica da quinoa é bem vista, já que, existem

evidências de que os alimentos com baixo índice glicêmico diminuem os riscos de diabetes tipo, protegem contra o ganho de peso e obesidade e ainda contribuem para prevenção de dislipidemias (que também está relacionado com o controle da glicemia) (JENKINS et al., 2008; ONWULATA et al., 2008).

Estudos vêm mostrando que diferentes processamentos podem agir modificando o índice glicêmico dos alimentos, a exemplo do processo de assamento em meio aquoso, que pode provocar aumento do índice glicêmico dos alimentos devido ao rompimento das ligações de hidrogênio da parede celular dos grânulos de amido decorrente da gelatinização, tornando os grânulos de amido mais acessíveis as enzimas digestivas e, conseqüentemente, aumenta a velocidade de digestão deste.

Outros processamentos como germinação e fermentação, contrariamente ao processo de assamento, estão sendo relacionados com a redução do índice glicêmico de alimentos.

Para germinar as sementes necessitam de energia, que é adquirida do catabolismo de suas próprias reservas, as principais são os carboidratos, lipídios e proteínas. Sendo assim, acredita-se que sementes tenham seu índice glicêmico reduzido após o processo germinativo devido ao metabolismo dos açúcares e amido solúveis para disponibilização de energia para células da semente, e também pela síntese de fibras, que irão constituir os novos tecidos da semente em desenvolvimento (SILVA et al., 2008).

O processo de fermentação, além dos efeitos benéficos probióticos já bem caracterizados fisiologicamente, também pode reduzir o índice glicêmico dos alimentos devido ao aumento dos teores de amido resistente no produto após o processamento e ao retardo do esvaziamento gástrico, provocado pelos ácidos orgânicos derivados da fermentação (OSTMAN et al., 2002; SCAZZINA et al., 2009).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar química e bioquimicamente farinhas de quinoa processadas e a influência do consumo de dietas contendo farinha de quinoa assada, farinha de quinoa germinada assada, farinha de quinoa fermentada assada e farinha de quinoa germinada/fermentada e assada nos níveis glicêmicos e lipídêmicos de ratos wistar.

2.2 Objetivos específicos

- a) obter farinha de quinoa a partir dos grãos de quinoa *in natura* e germinar grãos de quinoa *in natura*;
- b) fermentar a farinha dos grãos de quinoa *in natura* e farinha de quinoa germinada;
- c) obter farinha de quinoa assada, farinha de quinoa germinada assada, farinha de quinoa fermentada assada e farinha de quinoa germinada/fermentada e assada;
- d) avaliar a composição centesimal das farinhas de quinoa cruas e das farinhas de quinoa assadas;
- e) quantificar e qualificar o conteúdo de amido presente nas farinhas de quinoa obtidas;
- f) quantificar açúcares totais, glicose, frutose e os ácidos orgânicos: láctico, acético, butírico, propiônico e oxálico nas farinhas de quinoa;
- g) avaliar a influência da ingestão de dietas com alto teor de glicose, juntamente com a farinha de quinoa assada, farinha de quinoa germinada assada, farinha de quinoa fermentada assada e farinha de

quinoa germinada/fermentada e assada sobre os níveis glicêmicos e lipidêmicos de ratos wistar;

- h) avaliar nos animais experimentais (ratos) o efeito do consumo de dietas de alto índice glicêmico, contendo ou não farinhas de quinoa processadas sobre o desenvolvimento ponderal e coeficiente de eficácia alimentar;
- i) avaliar o consumo médio diário (CMD) o ganho médio diário de peso (GMD) e o coeficiente de eficácia alimentar (CEA) das dietas;
- j) avaliar a glicemia pós-prandial em diferentes tempos e elaborar a curva glicêmica padrão das dietas contendo farinhas de quinoa processadas.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Considerações gerais sobre a quinoa

3.1.1 Histórico

A quinoa (*Chenopodium quinoa*) ocupa lugar de destaque como alimento na região Andina desde o Império Inca, tendo sido reconhecida desde 300 anos a.C. Os pré-colombianos Andinos utilizavam a quinoa como componente da dieta, e por vezes, substituíam as proteínas animais por esse alimento, devido ao seu alto conteúdo protéico e equilibrado perfil aminoacídico. Era utilizada também para alimentação animal (BHARGAVA; SHUKLA; OHRI, 2005).

A quinoa tem sido cultivada principalmente na Argentina, Bolívia, Chile, Colômbia, Equador e Peru, locais que coincidem na maioria com os limites do Império Inca (BRADY et al., 2007). Bolívia e Peru são os principais exportadores, sendo responsáveis por 88% da produção mundial, acompanhados pelos Estados Unidos da América com 6%. A produção na Argentina é usada principalmente para o consumo interno na forma de semente ou farinha (VILCHE; GELY; SANTALLA, 2003).

Observa-se grande expansão e diversificação dos territórios para cultivo de quinoa, pois, a semente mostrou-se promissora em testes realizados em grandes altitudes do Colorado e próximo ao nível do mar em Washington (BRADY et al., 2007). Países europeus também estão investindo na quinoa, muitos deles hoje são membros do projeto intitulado “Quinoa – Uma polivalente cultura para diversificação agrícola” que foi aprovado em 1993. Os testes europeus deram bons resultados e demonstraram o potencial da quinoa como cultura de grão e forragens (BHARGAVA; SHUKLA; OHRI, 2005).

No Brasil a quinoa foi introduzida pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), que através de melhoramentos genéticos desenvolveu a variedade BRS Piabiru, adaptada para cultivos em solos brasileiros. As pesquisas tiveram início no ano de 1990 com o Dr. Carlos Spehar (SPEHAR, 2002; SPEHAR; SANTOS, 2002).

A cultivar BRS Piabiru é a primeira recomendação de quinoa como cultivo granífero no Brasil. Originou-se da linhagem EC 3, selecionada a partir de uma população procedente de Quito, Equador. Após dois anos de ensaios de competição com linhagens selecionadas anteriormente ela foi uniformizada a partir de 1998 para características agrônômicas adaptáveis a solos brasileiros e ausência de saponina, glicosídeo de sabor amargo que limita a utilização direta do grão. Sua obtenção objetivou oferecer alternativa para diversificar os sistemas produtivos baseados no plantio direto (SPEHAR; SANTOS, 2002).

Outros nomes utilizados para referir a quinoa em diferentes idiomas são: Petty Rice em inglês, Reismelde, Inkaweizen em alemão, Quinoa em Francês (BRADY et al., 2007; WAHLI, 1990).

3.1.2 Classificação botânica da quinoa, descrições da planta e aspectos agrônômicos

A quinoa é uma planta dicotiledônia botanicamente classificada como: subclasse *Dicotyledoneae*, grupo *Thalamiflorae*, ordem *Caryophyllales*, família *Chenopodiaceae*, gênero *Chenopodium*, espécie *quinoa* (BHARGAVA; SHUKLA; OHRI, 2005). Esta planta é comumente referida como pseudocereal porque, apesar de não ser membro da família das gramíneas como os cereais tradicionais, ela é muito usada, semelhantemente a cultura de cereais e produz sementes ricas em amido que podem ser moídas até transformarem-se em farinha (BRADY, et al., 2007).

As plantas da quinoa são uma herbácea de raiz pivotante com muitas ramificações, e alcança uma profundidade de 60cm, podendo ter diferentes cores, desde amarelo a laranja, roxo vivo, roxo escuro e verde (WAHLI, 1990). Quando nova pode-se definir a quinoa como um “espinafre que produz grãos”, pela semelhança da planta. Na maturação, os cachos (panículas) são semelhantes aos do sorgo (SPEHAR; SANTOS, 2002). A altura da planta varia entre os 100cm e os 230cm. O talo é cilíndrico a altura do colo e angular a partir das ramificações. O número de ramificações depende da variedade e pode variar muito (WAHLI, 1990).

As folhas são do tipo lanceoladas, grandes na parte inferior e pequenas na parte superior da planta, sendo todas dentadas. As cores das folhas são diversas, devido à presença de betacianinas (BHARGAVA; SHUKLA; OHRI, 2005).

A flor da planta que produz sementes de quinoa é pequena e não tem pétalas, pode ser hermafrodita ou pestiulada. A inflorescência se dá de duas formas: amarantiforme e glomerulada. A floração ocorre em média 53 dias após o plantio, sendo dependente da espécie (WAHLI, 1990).

O fruto, assim como a flor da planta da quinoa, também é pequeno, podendo ter forma cônica, cilíndrica ou elipsóide, e possuem várias camadas. Perisperma, embrião e endosperma são as três camadas onde ficam armazenados os macronutrientes, o amido é armazenado no perisperma e lipídios e proteínas no endosperma e embrião da semente de quinoa (BHARGAVA; SHUKLA; OHRI, 2005).

As dimensões de suas sementes são de aproximadamente 2mm de diâmetro e 1mm de espessura, podendo suas cores variar entre café, vermelho, amarelo, creme ou translúcido. O crescimento dessas sementes é na forma de grandes aglomerados no final do caule. O peso médio de 100 sementes é de 31g (BHARGAVA; SHUKLA; OHRI, 2005; WAHLI, 1990).

A quinoa pode ser cultivada em grandes altitudes, vários tipos de solos, frio extremo, sol quente e sobrevive também à baixa pluviosidade, embora o rendimento seja significativamente afetado (BHARGAVA; SHUKLA; OHRI, 2005; BRADY et al., 2007).

Para rendimento adequado, a quinoa apresenta algumas exigências ambientais do tipo, temperatura mínima de germinação em torno de 5°C, geadas que não ultrapassem -5°C e precipitação mínima de 400 mm. O terreno para o cultivo de quinoa não necessita de uma preparação especial e os solos aptos para o cultivo de cereais de clima temperado e frio são também apropriados para a quinoa (WAHLI, 1990).

O tempo de maturação da planta depende da variedade. Wahli (1990) estudou mais de trinta variedades, que tiveram sua maturação variando entre 97 dias e 207 dias. Também o rendimento das variedades estudadas por Wahli (1990) teve grande variação, a variedade de quinoa com menor rendimento teve produção de 243 kg/ ha, sendo que a espécie com maior produção atingiu 4.897 kg/ ha. Em 1989 os maiores rendimentos de quinoa foram claramente superiores ao do trigo e cevada cultivados na região andina.

3.1.3 Composição química da quinoa: qualidades e aspectos

Quinoa recebeu considerável atenção como cultura alternativa em todo o mundo principalmente devido ao seu alto valor nutritivo. Pode-se dizer que ela tem qualidade protéica superior a maioria dos cereais, incluindo o trigo (BHARGAVA; SHUKLA; OHRI, 2005; WAHLI, 1990).

O grão de quinoa possui em média 13,81% de proteína isenta de glúten, sendo albumina e globulinas as principais frações protéicas (44-77% da proteína total), enquanto a percentagem de prolaminas é baixa (0,5-0,7%) (BHARGAVA; SHUKLA; OHRI, 2005), além disso, apresenta um completo e equilibrado perfil

aminoacídico que é semelhante ao de fontes animais, estando muito próximo ao equilíbrio protéico ideal recomendado pela FAO (COMAI et al., 2005).

Seu grande diferencial no perfil aminoacídico é a presença de quantidades consideráveis de lisina (5,1-6,4%), aminoácido deficiente nos cereais, e metionina (0,4-2,6%), aminoácido deficiente nas leguminosas (AHAMED et al., 1997).

A digestibilidade protéica da semente de quinoa varia de 53% a 65%, sendo melhorada para 68% a 78% quando as sementes são torradas ou cozidas, o valor biológico da sua proteína é de 73% e sua Razão da Eficiência Protéica (PER) é semelhante a da caseína, porém, quando processada, essa semente pode ter seu valor de PER melhorado, isso foi observado com a farinha de quinoa extrusada (COMAI et al., 2005).

Com relação ao lipídio das sementes de quinoa, ela também apresenta características nutricionais importantes e está em quantidade relevante, quantidade esta que pode chegar até 3 vezes mais em relação à encontrada no milho. A gordura da quinoa, teor médio de 9% em base seca, tem um alto conteúdo de ácido oléico (24%) e ácido linoléico (52%), possuindo ainda boa quantidade de ácido linolênico (3,9%), sendo os dois últimos ácidos graxos essenciais. Diante deste perfil dos ácidos graxos da quinoa, ela tem sido considerada potencialmente valiosa como nova fonte de óleo vegetal (RUALES; NAIR, 1993; VILCHE; GELY; SANTALLA, 2003).

O macronutriente que constitui o grão de *Chenopodium quinoa* primordialmente é o carboidrato, na sua forma principal de amido, que se encontra em tamanhos de grânulos pequenos $\pm 2\mu\text{m}$ (Figura 1) presente em proporções que variam de 54 a 64% (AHAMED et al., 1996; VILCHE; GELY; SANTALLA, 2003), sendo que 21% desse amido corresponde a amilose e o restante (79%) a amilopectina (WRIGHT et al., 2002). A baixa solubilização do amido da quinoa em água pode estar relacionada ao tamanho muito pequeno dos

grânulos e a existência de fortes ligações entre as moléculas (WRIGHT et al., 2002; VILCHE; GELY; SANTALLA, 2003).

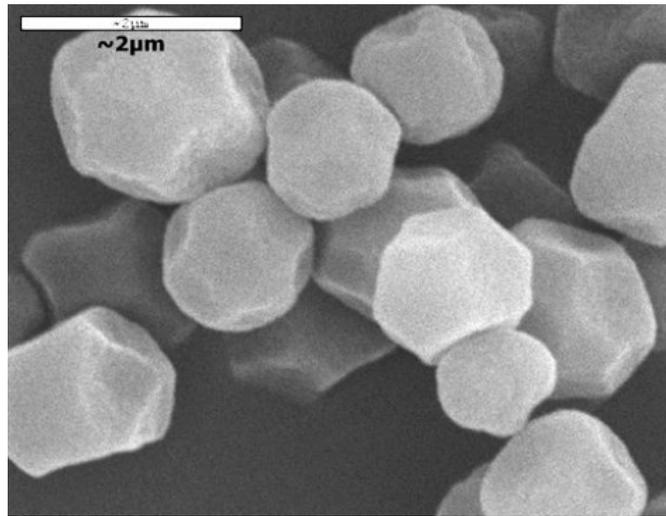


Figura 1 Fotomicrografia de grânulo de amido por microscópio eletrônico de varredura, conforme Wright et al. (2002)

O teor médio de fibras encontrado nos grãos de quinoa é de 4,1%, com intervalo de 1,1 a 16,32%. Esse valor demonstra que o teor de fibras da quinoa é mais elevado do que a do arroz (0,4%), do trigo (2,7%) e do milho (1,7%) (WAHLI, 1990).

Também o teor de cinzas da quinoa (3,4%) é maior do que o do arroz (0,5%), do trigo (1,8%) e outros cereais tradicionais (VILCHE; GELY; SANTALLA, 2003; WAHLI, 1990). Os sais minerais em destaque na quinoa são o cálcio (874mg/kg) e ferro (81mg/kg), são significativamente mais elevados do que em outros cereais comumente utilizados. Também o magnésio (0,26%) está em quantidade mais elevada na quinoa do que em outros cereais como o trigo (0,16%) e milho (0,14%) (RUALES; NAIR, 1993).

A respeito do conteúdo de vitaminas no grão de quinoa, Ruales e Nair (1993) encontraram apreciável quantidade de tiamina (0,4 mg/100 g), ácido fólico (78,1 mg/100 g) e vitamina C (16,4 mg/100 g). Bhargava et al. (2005) encontraram 0,39 mg/100g de riboflavina e betacaroteno, 0,20 mg de vitamina B6, 0,61 mg de ácido pantotênico, 23,5 mg de ácido fólico e 7,1 mg de biotina. Além desses micronutrientes, quinoa também apresenta boas quantidades de vitamina A e E.

Fatores antinutricionais, originados do metabolismo dos vegetais, também estão presentes nas sementes de quinoa *in natura*. Estes podem atuar de diversas formas no metabolismo do ser humano, interferindo na digestibilidade, absorção ou utilização dos nutrientes, e ainda podem ser tóxicos. Os principais fatores antinutricionais encontrados na quinoa são as saponinas (glicosídeos triterpenóides). A saponina representa um problema duplo para o uso alimentício: o sabor amargo, que contribui como fator limitante para aceitação do alimento, e sua possível toxicidade relacionada a ações hemolíticas e danos renais (VILCHE; GELY; SANTALLA, 2003).

As concentrações de saponina nas sementes de quinoa variam de uma espécie para a outra. Quinoa com sabor mais doce não contém saponinas ou contém em baixas concentrações, de 0,2 a 0,4 g/kg de matéria seca, e quinoa amarga possui de médio a altos teores de saponinas, 4,7 a 11,3 g/kg da matéria seca (WAHLI et al., 1990).

Um método tradicional de se eliminar as saponinas da quinoa é lavando-a com água na proporção de 1:8 (quinoa: água) para as variedades amargas. Ou pode-se também polir o grão, eliminando a casca onde ficam concentradas as saponinas (WAHLI, 1990).

3.1.4 Utilização da quinoa

O pseudocereal altamente nutritivo, a quinoa, é geralmente vendido sob a forma de grão inteiro, sendo este a parte mais amplamente consumida da planta, porém, toda ela pode ser utilizada. As folhas, ricas em minerais, podem ser utilizadas na alimentação humana na forma de salada ou em preparos semelhantes aos das folhas normalmente consumidas nas dietas, além de ser muito útil, juntamente com as raízes e caules, como forragem para alimentação de bovinos, suínos e aves (BHARGAVA; SHUKLA; OHRI, 2005; BRADY et al., 2007).

As descobertas das possíveis aplicações desse versátil pseudocereal são constantes, na indústria alimentícia, novos produtos já estão sendo elaborados ou extraídos, são eles: o “leite” (extrato) de quinoa, quinoa tempeh (extrato de quinoa fermentado), concentrados protéicos (baseados no embrião que contém de 48% de proteína) e corantes naturais (betalaínas, para utilização em alimentos) (BRADY et al., 2007).

Devido aos pequenos grânulos de alta viscosidade, o amido da quinoa tem boa propriedade de gelificação, capacidade de absorção de água, emulsificação e estabilidade, podendo ser bastante empregado em alimentos processados, principalmente congelados e resfriados (BHARGAVA; SHUKLA; OHRI, 2005).

As principais aplicações alimentícias das sementes de quinoa ainda são no preparo de produtos semelhantes àqueles dos cereais tradicionais: produção de farinhas, flocos, bebidas quentes ou fermentadas com teor alcoólico (Chicha na Bolívia), sopas, doces, pão integral chamado kispina (Perú), e ainda alimentação animal. A farinha de quinoa pode ser utilizada para aumentar o teor protéico de bolos, biscoitos, bolachas, através de uma mistura de 60% de farinha

de quinoa e 40% de farinha de trigo (ou fubá de milho) (BRADY et al., 2007; BHARGAVA; SHUKLA; OHRI, 2005; SCRIMSHAW et al., 1998).

3.1.5 Quinoa como alimento funcional

Diversos estudos mostrando a relação direta entre dieta e saúde, somados ao crescente interesse da sociedade contemporânea em consumir alimentos mais saudáveis, têm aumentado o interesse da comunidade científica e da população em geral pelos alimentos funcionais (ABREU et al., 2007; DREWNOWSKI; GOMEZ-CARNEROS, 2000).

A concepção de alimentos funcionais foi desenvolvida no Japão na década de 1980, lançada por um programa governamental com o objetivo de desenvolver alimentos saudáveis para uma população que apresentava uma grande expectativa de vida (ANJO, 2004).

No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), através da Resolução nº18/99, estabeleceu como funcional aquele alimento que, além das funções nutricionais básicas ainda fosse capaz de produzir efeitos metabólicos e/ou fisiológicos benéficos para a saúde (BRASIL, 1999).

A partir desta crescente busca por alimentos com propriedades funcionais recentemente surgiu um interesse considerável na utilização de culturas alternativas, como quinoa, para produção de alimentos saudáveis e para uso em dietas especiais direcionadas para diabéticos, celíacos, dentre outros. O interesse nutricional neste alimento é devido principalmente a sua composição peculiar de fibras alimentares (incluindo amido resistente) e agentes antioxidantes (BERTI et al., 2005)

A quinoa já era conhecida por suas características nutricionais, relacionadas positivamente com reduções do colesterol no sangue, melhora da tolerância à glicose e aumento da sensibilidade a insulina, desde algumas

décadas atrás, mas ainda não existiam informações científicas suficientes que esclarecessem tais acontecimentos (DOGAN; KARWE, 2003). De modo recente, estudiosos estão conseguindo relacionar os benefícios da quinoa à saúde com elementos químicos presentes em sua constituição.

Em estudo realizado por Pas'ko et al. (2010) com ratos de laboratório que ingeriram dieta enriquecida com frutose para induzir alterações metabólicas e estresse oxidativo, foi possível observar que o grupo que ingeriu sementes de quinoa teve redução eficaz nos níveis sanguíneos de colesterol total, LDL-colesterol, triacilgliceróis e glicose sanguínea em relação ao grupo que ingeriu dieta enriquecida com frutose e ao grupo controle.

De acordo com Pas'ko et al. (2010) a dieta com adição de sementes de quinoa também foi capaz de bloquear a depleção dos níveis de HDL-colesterol em contra posição ao grupo com dieta enriquecida com frutose. Este estudo sugere que tais efeitos estão relacionados aos compostos químicos presentes nas sementes de quinoa. A redução do colesterol total, triacilgliceróis e LDL-colesterol, estaria relacionada às fibras alimentares e a redução da glicose estaria ligada a ação dos tocoferóis e polifenóis presentes nas sementes de quinoa.

Pesquisadores, após realizarem estudo com isolado de amido de quinoa em humanos saudáveis e pacientes celíacos, propuseram diferentes explicações para os mecanismos de redução da glicemia por esse produto. Os autores sugeriram que entre os possíveis mecanismos que regulam tal resposta pode estar à lenta taxa de digestão dos grânulos de amido da quinoa, provocada por fortes ligações estruturais e pelo tamanho reduzido destes grânulos, como consequência, o alimento apresenta baixo índice glicêmico o que reduz os picos de glicemia (BERTI et al., 2005).

Foi observado neste mesmo estudo, eficiente redução dos níveis de triacilgliceróis e melhora da resposta a insulina nos grupos de indivíduos que ingeriram amido de quinoa em contra posição aos grupos que ingeriram amido

de trigo e amido de outros produtos alimentícios que não continham glúten (BERTI et al., 2005).

A redução da glicemia pós-prandial e melhor resposta a insulina têm sido apontados como forma de reduzir os níveis de glicose total e as concentrações de lipídeo no sangue (BERT et al., 2004).

Outra possível atividade funcional que se destaca na quinoa é sua propriedade antioxidante. Os principais agentes antioxidantes presentes na quinoa são os compostos fenólicos, que estão relacionados à prevenção de cânceres e benefícios contra doenças cardiovasculares (BHARGAVA; SHUKLA; OHRI, 2005).

Além de trabalhar na avaliação da atividade funcional da quinoa, estudiosos estão pesquisando também estas atividades em produtos derivados do seu processamento. Um produto derivado da quinoa que tem chamado a atenção é a Quinoa-tempeh (Q-tempeh), elaborado a partir do extrato da semente de quinoa fermentada com *Rhizopus oligosporus* (MASAKO, 2005).

Os teores de proteína e de fibra alimentar solúvel da Q-tempeh apresentaram-se mais elevados do que na quinoa não processada, e suas ações de redução do colesterol sérico estão relacionadas a este fato. Esta atividade foi investigada em animais experimentais, e o resultado foi que, tanto Q-tempeh como a quinoa não processada mostraram redução de colesterol sérico e aceleração da excreção fecal esteróides, sendo importante salientar que as atividades da Q-tempeh foram mais intensas em relação às da quinoa não processada (MASAKO, 2005).

Em outro estudo, realizado com extrato de proteína de quinoa, foi observado que as dietas com extrato de quinoa conseguiram impedir significativamente o aumento dos níveis de colesterol total plasmático e hepático dos animais. O peso fecal e a excreção de ácidos biliares nos grupos que continham extrato protéico de quinoa na dieta foram significativamente

maiores do que no grupo controle. Foi observado que a expressão da coenzima hidróxi-metilglutaril CoA redutase do fígado, enzima chave para biossíntese de colesterol, foi reprimida pela dieta com extrato protéico de quinoa. O efeito de redução do colesterol total também foi atribuído a inibição de reabsorção dos ácidos biliares no intestino delgado (TAKAO et al., 2005).

Portanto, a atividade funcional desse alimento é de especial importância, considerando o fato de já existirem diversos estudos comprovando os mais variados benefícios que a quinoa pode trazer à saúde da população, estando em sua forma convencional ou mesmo processada (BHARGAVA; SHUKLA; OHRI, 2005).

3.2 Índice glicêmico (IG) dos alimentos

O Índice Glicêmico (IG) foi criado por Jenkins à quase 30 anos atrás, que foi o responsável também pela publicação da primeira tabela de IG contendo 51 alimentos diversificados. Este índice diferencia os carboidratos dos alimentos com base no seu potencial em aumentar a resposta glicêmica em relação aos carboidratos de um alimento controle (50g de carboidrato), fornecendo uma média da qualidade do carboidrato. Alimentos com alto índice glicêmico produzem um maior pico de glicemia pós-prandial durante as duas primeiras horas em relação ao consumo de alimentos baixo IG (FOSTER-POWELL; HA-HOLT; BRAND-MILLER, 2002), sendo assim, metodologicamente o IG é definido como a área sob a curva do gráfico para a resposta da glicose no sangue (BRAND-MILLER et al., 2009).

Apesar do começo polêmico, o IG é agora amplamente reconhecido como uma classificação de confiança com bases fisiológicas. Uma grande certificação deste fato foi dada em 1997, quando uma comissão de especialistas se reuniu pela Food and Agriculture Organization (FAO) e Organização Mundial

da Saúde (OMS) para analisar as evidências de pesquisas sobre a importância carboidratos na nutrição humana e saúde. A comissão aprovou a classificação dos carboidratos de acordo com o IG e ainda recomendou o seu uso em conjunto com informações sobre a composição nutricional dos alimentos para orientar a sua escolha (FOSTER-POWELL; HA-HOLT; BRAND-MILLER, 2002).

A importância dos estudos sobre o IG está vinculada aos possíveis efeitos fisiológicos e terapêuticos benéficos de dietas com baixos IGs para indivíduos saudáveis, diabéticos, obesos e hiperlipidêmicos (FAO/WHO, 1998).

Existem evidências de que os alimentos com baixo IG diminuem os riscos de diabetes tipo II (principalmente pelo melhor controle na liberação de insulina), protegem contra o ganho de peso e obesidade (principalmente pelo aumento da saciedade que reduz a ingestão dietética da refeição seguinte) e ainda contribuem para prevenção das dislipidemias (que também está relacionado com o controle da glicemia), sendo que os carboidratos de alimentos diferentes podem ter respostas glicêmicas variadas (JENKINS et al., 2008).

Partindo de observações que carboidratos de diferentes fontes são digeridos e absorvidos de forma diferenciada, a avaliação da velocidade de absorção é um importante critério para classificação destes. Os carboidratos lentamente digeridos proporcionam moderado aumento da glicose e insulina plasmática após ingestão de refeição com grande quantidade de carboidrato e permitem a prolongada entrada de glicose ao longo do tempo, mostrando eficácia no controle da saciedade, na resistência à insulina, e nos níveis plasmáticos de glicose e de lipídios (JENKINS et al., 2008; LAJOLO; MENEZES, 2006;).

Quando o alimento controle é o pão branco, alimentos que apresentam $IG \leq 75\%$ são em geral considerados de baixo índice glicêmico e são constituídos de carboidratos lentamente digeridos. Esta classificação deixa a quinoa entre os alimentos de baixo IG já que, de acordo com Onwulata et al.

(2008), o seu índice é de 70%. Os alimentos com o índice $\geq 95\%$ são considerados de alto índice glicêmico, e são constituídos de carboidrato altamente digerível. Caso seja utilizada a glicose, ao invés do pão branco como controle, esses valores devem ser multiplicados por 0,7 (LAJOLO; MENEZES, 2006).

A substituição de metade dos carboidratos totais de uma refeição, por carboidratos de baixo índice glicêmico resulta em uma redução de 15 unidades do índice glicêmico total da dieta (LAJOLO; MENEZES, 2006).

Na Austrália, as orientações alimentares oficiais para idosos saudáveis recomendam especificamente o consumo de cereais de baixo IG para uma alimentação saudável, e selo de certificação registrado para os alimentos de baixo IG para ajudar os consumidores a selecionar os alimentos, enfatizando que esses alimentos são importantes para controle do peso e manutenção da boa saúde (FOSTER-POWELL; HA-HOLT; BRAND-MILLER, 2002).

Entretanto, nas últimas décadas nasceu mais uma fonte de variação que pode interferir diretamente na estimativa deste índice. A evolução no processamento de alimentos, como alta temperatura, alta pressão, tecnologia de extrusão, aumentam o grau de gelatinização do amido o que resulta em uma acessibilidade enzimática maior e conseqüente aumento da velocidade de digestão do amido. Como conseqüência, o IG de vários alimentos ricos em amido que sofrem estes novos tipos de processamento acaba sendo elevado (BRAND-MILLER et al., 2009).

Surge então uma nova necessidade, além de pesquisas sobre as diferentes respostas glicêmicas de acordo com o tipo de alimento, se faz necessário também avaliar os IG dos alimentos nas diferentes formas de processamento.

3.3 Influência do tipo de amido e do processamento do alimento sobre a glicemia

O amido, do ponto de vista botânico, é a principal reserva de carbono e energia para as plantas (BELLO-PÉREZ; MONTEALVO; ACEVEDO, 2006). Os grânulos de amido são polímeros de glicose, podendo apresentar, agregados aos mesmos, pequenas quantidades de lipídeos, proteínas e minerais (BEMILLER; WHISTLER, 1996), sendo constituídos basicamente por dois tipos de cadeia de carboidratos: a amilopectina, cadeia ramificada que representa 70-80% do total de amido, e a amilose, cadeia linear que representa 20-30% do total de amido (LAJOLO; MENEZES, 2006). No pseudocereal quinoa a amilose representa aproximadamente 21% do amido total, como visto anteriormente (WRIGHT et al., 2002).

Os grânulos de amido são estruturas intracelulares parcialmente cristalinas, que apresentam diferentes difrações de raio X, podendo ser classificadas em três tipos: o tipo A é constituído pelas cadeias de 23 a 29 moléculas de glicose encontrada em cereais, o tipo B, pelas cadeias com 30 a 44 moléculas de glicose, presente na banana verde e batata crua e o tipo C, pelas cadeias com 26 a 29 moléculas de glicose, presente nas leguminosas. Os grânulos de amido que apresentam estrutura com difração tipo B e C são mais resistentes à hidrólise pelas enzimas α -amilase pancreática, resultando em menor digestibilidade e conseqüentemente têm um menor índice glicêmico (LAJOLO; MENEZES, 2006). Estes grânulos recebem então a denominação de amido resistente (AR) ou resistant starch (SR), sendo consideradas fibras alimentares insolúveis, e não podem ser absorvidos no intestino delgado de indivíduos sadios (SILVA-CRISTOBAL; OSORIO-DIAZ; BELLO-PEREZ, 2007).

Essas frações resistentes continuam seu trânsito pelo intestino delgado, livre da ação das enzimas digestivas, chegando até o intestino grosso e tornando

substrato para as enzimas da microflora natural do cólon. Assim, ocorre o processo de fermentação, onde são produzidos hidrogênio, dióxido de carbono, metano e ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) (NUGENT, 2005; SILVA-CRISTOBAL; OSORIO-DIAZ; BELLO-PEREZ, 2007).

Os ARs, conforme Tovar et al. (2006) e Silva-Cristobal, Osorio-Diaz e Bello-Perez (2007), são classificados em:

- a) AR1 é o amido fisicamente inacessível, e envolto com uma matriz celular que impede seu inchamento e dispersão completa quando embebidos. É observado principalmente em alimentos que sofrem exaustiva moagem e ainda sim têm a estrutura do grânulo preservada;
- b) AR2 corresponde às frações não gelatinizadas, observado em amidos com padrão de difração de raio X do tipo B;
- c) AR3 é o amido retrogradado, formado em alimentos cozidos e armazenados, momento em que se inicia o fenômeno de retrogradação. Os mesmos recristalizam após a gelatinização;
- d) AR4 é o amido modificado por métodos físicos e químicos através de ligações cruzadas entre cadeias poliméricas, despolimerização e pré-gelatinização, de acordo com Brennan (2005).

Considerando as classificações de AR, fica evidente que o conteúdo desse nos alimentos pode ser alterado pelo tratamento térmico, moagem, gelatinização e retrogradação (fatores extrínsecos). Além disso, o conteúdo e resistência do amido estão relacionados à razão amilose/amilopectina, presença de interações com outros nutrientes ou componentes do alimento, dimensões do grânulo de amido (fatores intrínsecos) (TOVAR et al., 2006). Caso estas interferências levem a redução do teor de AR, o alimento terá o índice glicêmico elevado (GUY, 2001).

A redução do teor de amido resistente tem um impacto negativo sobre o alimento, já que, o AR é capaz de promover diversos efeitos benéficos a saúde de quem o ingere. Eles promovem redução da resposta glicêmica e insulinêmica, têm ação hipocolesterolêmica, contribuem para o aumento da saciedade, além resultarem em um efeito protetor contra o câncer de cólon, favorecendo seu consumo principalmente entre diabéticos e obesos (SILVA-CRISTOBAL; OSORIO-DIAZ; BELLO-PEREZ, 2007; TOVAR et al., 2006).

O processo de cozimento em meio aquoso pode agir interferindo no IG dos alimentos, uma vez que, em sua forma nativa os grânulos de amido são insolúveis em água fria, porém, solúveis em água quente. Após o cozimento, os grânulos incham, o amido gelatiniza e há rompimento das ligações de hidrogênio da parede celular do amido, de forma a torná-los acessíveis às enzimas digestivas, e aumentar a velocidade de digestão deste (ETTINGER, 2005). Ruales e Nair (1994) avaliaram esses efeitos na quinoa e conseguiram observar que o amido digerível da quinoa aumentou de 72% para 77% após o cozimento.

A forma de armazenamento de armazenamento do alimento também interfere diretamente no nível e velocidade de digestão do amido (ETTINGER, 2005; SILVA-CRISTOBAL; OSORIO-DIAZ; BELLO-PEREZ, 2007), porém esta pode ser uma interferência positiva, já que, após a gelatinização do amido, quando a temperatura é reduzida, ocorre um rearranjo das moléculas por ligações de hidrogênio, isso favorece a retrogradação do amido. O amido retrogradado apresenta uma fonte significativa de amido resistente, e essa quantidade de AR no alimento pode reduzir a sua resposta glicêmica (MUNHOZ; WEBER; CHANG, 2004; JENKINS et al., 2008).

A funcionalidade do amido relacionada à amilose/amilopectina está ligada a proporção em que cada um destes carboidratos está presente no grânulo. A amilose é uma macromolécula linear formada por resíduos α -D-glicose unidos através de ligações α (1 \rightarrow 4), formando moléculas pequenas (105 a 106 Daltons),

com menos de 1% de ramificações. Quanto à amilopectina, é formada por ligações α (1 \rightarrow 6), as quais lhe conferem ramificações até a ordem dos 5%, sendo moléculas de alto peso molecular (107 a 108 Daltons) (BELLO-PÉREZ; MONTEALVO; ACEVEDO, 2006; BEMILLER; WHISTLER, 1996; ETTINGER, 2005). Uma vez que as ligações α (1 \rightarrow 6) apresentam resistência à hidrólise ácida e enzimática, enquanto que as ligações α (1 \rightarrow 4) são degradadas pelas enzima α -amilase, a amilose apresenta-se mais resistente a ação das enzimas, tornando assim o amido mais resistente quando presente em proporções mais elevadas em relação à amilose (BELLO-PÉREZ; MONTEALVO; ACEVEDO, 2006; TORAL et al., 2002).

O tamanho das partículas do amido também interfere nas propriedades funcionais dos grânulos de amido, sendo os menores aqueles que apresentam maior poder de inchamento, menor solubilidade, maior capacidade de retenção de água e baixa susceptibilidade a α -amilase (BELLO-PÉREZ; MONTEALVO; ACEVEDO, 2006). Esta característica mostra mais um dos aspectos positivos da quinoa em relação aos cereais convencionais. O grânulo de amido da semente de quinoa possui apenas 2 μ m, este grânulo 5,5 vezes menor que o do arroz que possui o menor grânulo de amido entre os cereais (WRIGHT et al., 2002).

3.4. Efeitos metabólicos das variações do índice glicêmico da dieta

Um dos principais motivos para iniciativa de pesquisas com o índice glicêmico (IG) é o diabetes, o qual se encontra intimamente relacionado a outros tipos de doenças crônicas não transmissíveis como a obesidade, a síndrome metabólica e doenças cardiovasculares. Sendo que, essas doenças também podem estar diretamente relacionadas com o metabolismo de carboidratos (LEE et al., 2006).

Até um período de tempo não muito distante, os profissionais de saúde tratavam os diabéticos enfatizando somente a quantidade de carboidratos para otimização do controle da glicose e retardo do desenvolvimento de complicações. A conduta destes profissionais começou a mudar com o surgimento de várias evidências e estudos que indicavam que as fontes dos carboidratos também eram uma consideração importante (BRAND-MILLER et al., 2009).

Em larga escala, diversos estudos observacionais da Universidade de Harvard (Cambridge, MA) comprovaram que o consumo a longo prazo de uma dieta de alta carga glicêmica (CG; conteúdo de IG da dieta) poderia ser extremamente deletéria a saúde e um preditor independente do risco de diabetes tipo 2, obesidade e doença cardiovascular (BRAND-MILLER et al., 2009).

Múltiplos mecanismos estão envolvidos nesse processo. As principais justificativas são, o alimento de alto IG (glicose rapidamente digerível) induz maior ascensão e queda de glicose no sangue e um maior aumento de insulina sanguínea, levando a menores concentrações dos dois principais combustíveis do corpo (glicose e ácido graxos) no período imediato pós absorção. (FOSTER-POWELL; HA-HOLT; BRAND-MILLER, 2002).

Outras respostas metabólicas ao excesso da insulina são a redução das concentrações sanguíneas de HDL-colesterol, aumento da triacilgliceridemia e aumento da hemoglobina glicada, um estresse oxidativo é gerado e causa transitória hipercoagulabilidade e deficiência da função endotelial. Estudo realizado na Europa com mais de 300 indivíduos diabéticos tipo 1, mostrou que as altas concentrações de hemoglobina glicada estavam dependentemente relacionadas ao elevado IG das dietas selecionadas (BRAND-MILLER et al., 2009).

É importante salientar que a disponibilidade reduzida de combustíveis metabólicos também é um agravante, podendo ela agir como sinal estimulante

para ingestão de mais alimentos. Esses fatores ocorrendo de uma forma crônica podem levar a obesidade, doenças cardiovasculares e diabetes (FOSTER-POWELL; HA-HOLT; BRAND-MILLER, 2002).

A obesidade é comumente associada a um conjunto de doenças metabólicas, como hipertensão, aterosclerose, dislipidemias e diabetes tipo 2 (PEREIRA et al., 2003).

Nos indivíduos obesos, devido à resistência a insulina, as células beta-pancreáticas aumentam a produção e a secreção de insulina como mecanismo compensatório, enquanto a tolerância a glicose no início desse processo parece normal. Este estado permanece até que se observa uma redução na secreção de insulina e, conseqüentemente, uma diminuição da tolerância à glicose. A resistência a ação da insulina nos tecidos e os níveis plasmáticos elevados de insulina em jejum são alterações bastante comuns de indivíduos obesos, e parecem ser os primeiros sinais para o desenvolvimento de diabetes tipo 2. (LEE et al., 2006).

Vários estudos têm mostrado que o IG da dieta é um bom indicador de concentrações de HDL na população saudável, surpreendentemente ao inverso da quantidade e tipo de gordura. Em estudo realizado com indivíduos saudáveis, as maiores concentrações sanguíneas de HDL-colesterol foram observadas em participantes que ingeriram dietas de baixo IG (BRAND-MILLER et al., 2009; FOSTER-POWELL; HA-HOLT; BRAND-MILLER, 2002).

Em crianças obesas, o consumo *ad libitum* de uma dieta de baixo IG foi associada com maiores reduções no índice de massa corporal (FOSTER-POWELL; HA-HOLT; BRAND-MILLER, 2002).

Estudos *in vitro* também comprovam os efeitos da dieta de baixo IG. Ela melhorou a captação de adipócito insulino-mediada *in vitro*, e foi dada como útil para dieta de indivíduos hiperinsulinêmicos, sendo capaz de normalizar a resposta insulínica. A literatura sugere que uma queda de 10% no IG de uma

dieta resultaria em um aumento de 30% da sensibilidade a insulina (JENKINS et al., 2008).

Os benefícios das dietas de baixo índice glicêmico não estão relacionados somente a prevenção e controle do diabetes, mas também com a proteção contra o desenvolvimento do câncer de cólon, câncer de mama (devido à redução do estresse oxidativo) obesidade e cardiopatias (BRAND-MILLER et al., 2009).

3.5 Efeitos metabólicos do carboidrato na produção de triacilglicerol

São inúmeros os estudos que sugerem que um desequilíbrio na ingestão de glicídios pode gerar aumento na triacilgliceridemia (chamado geralmente de hipertrigliceridemia induzida por carboidratos).

Dois possíveis mecanismos têm sido apontados como responsáveis pelo aumento da triacilgliceridemia induzida por carboidratos: 1) aumento da síntese de triacilgliceróis (TAG) e 2) *clearance* (depuração) diminuído das partículas ricas em TAG do plasma (POLACOW; JUNIOR, 2007).

Alguns autores defendem que a elevação da triacilgliceridemia ocorre em função do aumento da produção endógena de ácidos graxos, via lipogênese *de novo*, resultando em aumento da produção e secreção de VLDL-c pelo fígado. Além da lipogênese *de novo*, os ácidos graxos para a síntese de triacilgliceróis também podem ser derivados do *pool* plasmático de ácidos graxos livres, dos ácidos graxos estocados no próprio fígado e da dieta, que são disponibilizados ao fígado por meio da remoção de quilomícrons remanescentes (POLACOW; JUNIOR, 2007).

O outro mecanismo proposto para a elevação da triacilgliceridemia, a depuração reduzida de partículas ricas em triacilgliceróis, é particularmente importante no período pós-prandial e está associado à redução nas concentrações de HDL-c, resultante de dietas hiperglicídicas (POLACOW; JUNIOR, 2007).

Os efeitos na triacilgliceridemia induzidos por dieta hiperglicídica parecem ser acentuados quando esta é rica em carboidratos de alto índice glicêmico, como é o caso de alguns monossacarídeos, alimentos processados e farinhas refinadas. Por outro lado, tais efeitos podem ser atenuados por dietas ricas em carboidratos com baixo índice glicêmico, tais como grãos integrais (POLACOW; JUNIOR, 2007).

3.6 Alterações químicas nos alimentos decorrentes dos processos de germinação e fermentação

Alguns processamentos podem provocar modificações importantes na composição física e química de alimentos, a exemplo da germinação e fermentação.

3.6.1 Germinação

De maneira geral, pode-se dizer que uma semente torna-se germinada quando fica visível a raiz primária (originada da radícula do embrião). O processo inicial da germinação é a embebição das sementes, a partir deste momento o metabolismo é reativado e a semente sai do seu estado de repouso (MARCOS FILHO, 2005).

As transformações morfológicas, fisiológicas e bioquímicas decorrentes da germinação são subdivididas em três fases. Fase 1: reativação (embebição, ativação da respiração e das demais etapas do metabolismo), Fase 2: indução do crescimento (fase de repouso, como preparo para o crescimento, ativação da síntese protéica, formação de enzimas hidrolíticas que produzem mobilização das reservas), Fase 3: crescimento (protrusão da raiz primária). O início da Fase 3 não implica em paralisação das anteriores (MARCOS FILHO, 2005).

A água é fundamental para o metabolismo celular durante a germinação, pelo menos por três motivos: para a atividade enzimática, para a solubilização e transporte das reservas e como reagente em si, principalmente na digestão hidrolítica das substâncias de reserva armazenadas na semente (DANTAS et al., 2008).

A energia necessária para a germinação vem do catabolismo das reservas da semente, onde as principais são o carboidrato (principalmente amido), lipídios e proteínas. Porém, essas matérias não podem ser transportadas de uma célula para outra e transferidas até o ponto de crescimento do embrião, antes devem ser simplificadas pela hidrólise, que as transforma em substâncias solúveis e difusíveis, o que caracteriza a digestão das reservas. Neste ponto a atividade dos sistemas enzimáticos é fundamental. As principais enzimas hidrolíticas envolvidas na mobilização de reservas nutricionais das sementes são: amilases, maltase, fosforilase, que quebram o amido respectivamente em maltose e glicose, glicose e glico-1-fosfato. As lipases degradam os lipídios em ácidos graxos e glicerol. Proteases e peptidases quebram as proteínas em aminoácidos e peptídeos, respectivamente (MARCOS FILHO, 2005).

Neste trabalho, as enzimas de maior interesse são as amilases (α 1-4 glicano hidrolases), maltase e fosforilase, que irão degradar o amido solúvel de reserva.

No processo digestivo a α -amilase (endoamilase) hidrolisa as ligações α 1-4 glicosídicas dentro da molécula do amido, gerando maltose e dextrina ramificada e linear, este tipo de ligação está presente tanto na amilose quanto na amilopectina. A α -amilase e glicoamilase (exoamilases) atacam os resíduos de glicose terminais, produzindo maltose e glicose, respectivamente, substrato solúvel, disponível para o desenvolvimento do embrião (LAJOLO; MENEZES, 2006; SILVA et al., 2008). A composição química da semente durante o

processo germinativo pode ser alterada conforme as condições ambientes a que a semente é submetida (SILVA et al., 2008).

Após o longo processo da germinação que culmina com a protrusão da raiz primária, a atividade da α -amilase é reduzida, possivelmente devido ao esgotamento das reservas de amido no endosperma da semente. Ocorre também uma relação linear entre o decréscimo nos teores de açúcares, quando comparado com os dias durante a germinação, com altos coeficientes (SILVA et al., 2008). Esse acontecimento também foi observado por diversos autores citados por Dantas et al. (2008), que visualizaram uma redução dos açúcares totais e solúveis nas sementes de *Macrotyloma uniflorum*, *A. leiocarpa*, *P. widgrenii* e *C. pyramidalis*.

Diante dos relatos científicos apresentados acredita-se que as sementes, quando germinadas, tenham seu índice glicêmico reduzido. Esse fato foi certificado em trabalho realizado por Hsu et al. (2008), com sementes de arroz germinadas. Foi possível observar nos voluntários que ingeriram as sementes de arroz germinadas, redução das concentrações sanguínea de glicose em jejum e redução do colesterol total e triacilgliceróis. Estes resultados sugerem que a inclusão de sementes de arroz germinadas nas dietas pode favorecer o controle da glicemia de lipidemia.

3.6.2 Fermentação

A fermentação é um dos principais métodos de agregar valor aos alimentos, incluindo a palatabilidade, a segurança, o aumento da vida de prateleira e valor nutricional. Algumas das principais categorias dos alimentos funcionais fermentados são os probióticos, eles contêm bactérias vivas e a fermentação pode produzir ou aumentar o potencial funcional destes alimentos. Uma categoria de alimentos que pode ser fermentada são os cereais, eles podem

oferecer diversos compostos fisiologicamente benéficos para o uso de alimentos funcionais e o processo de fermentação pode ser realizado de diferentes maneiras (HUI et al., 2004).

A quinoa (*Chenopodium quinoa*) é consumida na região Andina, dentre outras formas, como bebida alcoólica fermentada chamada de Chicha. A técnica utilizada é milenar e o preparo das sementes começa com a germinação. Nessa etapa o amido é quebrado e o substrato é disponibilizado para fermentação bacteriana. As principais bactérias naturais presentes na quinoa são as do gênero *Lactobacillus* (*L. plantarum*, *L. fermentum* e *L. paralimentarius*), que realizam a fermentação láctica e têm como principal produto final do metabolismo os ácidos orgânicos (PARDO; PIZARRO, 2005; VOGELMANN et al., 2009).

O gênero *Lactobacillus* compreende 56 espécies oficialmente reconhecidas. Se forem homofermentativos, fermentarão o açúcar formando principalmente ácido láctico e insignificantes quantidades de ácido acético, dióxido de carbono e outros produtos, se forem heterofermentativos, produzirão ácido láctico, e uma importante quantidade de compostos voláteis, entre eles se encontra o álcool (JAY, 2005).

Além dos efeitos benéficos probióticos dos produtos fermentados, já bem caracterizados fisiologicamente, os fermentados vêm apresentando também outros benefícios relacionados ao aumento de amido resistente nos alimentos e retardo do esvaziamento gástrico, que trás benefícios para diabéticos, obesos e indivíduos saudáveis, como, redução da glicemia pós-prandial, redução da resistência a insulina, aumento do tempo de saciedade (BRIGHENTI et al., 2006; SCAZZINA et al., 2009). Apesar dos mecanismos de ação ainda não estarem bem esclarecidos, muitos trabalhos vem mostrando a eficiência da ação fermentativa neste sentido.

Brighenti et al. (2006), afirmam que a ingestão de alimentos fermentados afeta significativamente a resposta da glicose. Alimentos com alto

índice glicêmico quando fermentados foram capazes de melhorar a tolerância a glicose após o almoço sem diferenças significativas para os alimentos de baixo índice glicêmico. No caso dos alimentos de alto índice glicêmico fermentados, esse efeito foi concomitante com baixas concentrações de ácidos graxos não esterificados (AGNE) e retardo no esvaziamento gástrico.

Em estudo realizado por Ostman, Elmstahl e Bjorck (2001) com leite fermentado, não fermentado e pepino em conserva, foi possível observar que os produtos fermentados foram capazes de abaixar significativamente as respostas glicêmicas e insulinêmicas das refeições. Scazzina et al. (2009) também encontraram resultados semelhantes, onde o pão fermentado reduziu significativamente a resposta da glicose quando comparado ao do seu estudo.

Os ácidos orgânicos produzidos durante o processo de fermentação, ácido láctico, ácido acético entre outros, parecem estar diretamente relacionados à redução de glicose pós-prandial.

Ostman et al. (2002) avaliaram em humanos os efeitos da ingestão de refeições de alto índice glicêmico e refeições mistas com vegetais, todas suplementadas com ácidos orgânicos. No primeiro estudo, a presença de ácido láctico no pão ou nas refeições mistas com vegetais reduziu a glicemia aguda e resposta a insulina em 15 ± 17 pontos, respectivamente. No segundo estudo, em refeições baseadas com pão branco e vinagre, as respostas pós-prandiais de glicose e insulina também reduzidas, além de ocorrer um aumento subjetivo da saciedade. Houve uma correlação inversa de resposta entre o nível de glicose e o de ácido acético.

Apesar dos estudos não serem conclusivos, é provável que os próprios ácidos orgânicos produzidos pela fermentação retardem o esvaziamento gástrico (OSTMAN et al., 2002; SCAZZINA et al., 2009).

No entanto, estes ácidos parecem agir de forma diferente. A criação da barreira a digestão pelo ácido láctico tem relação com o tratamento térmico na

sua presença. Chegou-se a essa conclusão após realizar uma pesquisa em que o efeito da redução da digestão do amido na presença de ácido láctico não foi observado por si só. Na referida pesquisa, o mingau de amido de milho e adicionado de ácido láctico após a cocção não apresentou efeito de redução da digestão do amido. De acordo com os autores, a presença do ácido láctico durante a gelatinização parece ser um pré-requisito para redução da biodisponibilidade do amido (OSTMAN et al., 2002).

Esta hipótese levantada por Ostman et al. (2002), foi confirmada mais tarde por estudos realizados por Scazzina et al. (2009), quando eles observaram que a presença de ácido láctico no alimento durante a cocção (e não após a mesma) aumenta a retrogradação do amido, o que provoca o aumento do conteúdo de amido resistente e conseqüente redução da biodisponibilidade do amido.

REFERÊNCIAS

ABREU, C. R. A. et al. Avaliação química e físico-química de bebidas de soja com frutas tropicais. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 18, n. 3, p. 291-296, jul./set. 2007.

AHAMED, N. T. et al. A lesser-known grain, *Chenopodium quinoa*: Review of the chemical composition of its edible parts. **Carbohydrates Polymers**, Göttingem, v. 31, n. 8, p. 99-103, Sept. 1997.

ANJO, D. L. C. Alimentos funcionais em angiologia e cirurgia vascular. **Jornal Vascular Brasileiro**, Porto Alegre, v. 3, n. 2, p. 145-154, jan. 2004

BELLO-PERÉZ, L. A.; MONTEALVO, M. G. M.; ACEVEDO, E. A. Almidón: definición, estructura y propiedades. In: LAJOLO, F. M.; MENEZES, E. W. (Ed.). **Carbohidratos en alimentos regionales Iberoamericanos**. São Paulo: USP, 2006. p. 15-46.

BEMILLER, J. N.; WHISTLER, R. L. Carbohydrates. In: FENNEMA, O. R. (Ed.). **Food chemistry**. New York: M. Dekker, 1996. p. 158-221.

BERTI, C. et al. Effect on appetite control of minor cereal and pseudocereal products. **British Journal of Nutrition**, Cleveland, v. 94, n. 6, p. 850-858, Dez. 2005.

BHARGAVA, A.; SHUKLA, S.; OHRI, D. *Chenopodium quinoa*: An Indian perspective. **Industrial Crops and Products**, Bogotá, v. 23, n. 3, p. 73-87, April 2005.

BRADY, K.; H. O. et al. Effects of processing on the nutraceutical profile of quinoa. **Food Chemistry**, London, v. 100, n. 4, p. 1209-1216, Oct. 2007.

BRAND-MILLER, J. C. et al. Glycemic index, postprandial glycemia, and the shape of the curve in healthy subjects: analysis of a database of more than 1000 foods. **Journal of Clinical Nutrition**, Philadelphia, v. 105, n. 9, p. 89-97, Feb. 2009.

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. Brasília, 1999. Disponível em: <http://www.abima.com.br/dload/13_14_resol_18_99_leg_alim_nac.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2011.

BRENNAN, C.S. Dietary fibre, glycaemic response, and diabetes. **Molecular Nutrition & Food Research**, Weinheim, v. 49, n. 6, p. 560-570, Jun. 2005.

BRIGHENTI, F. et al. Colonic fermentation of indigestible carbohydrates contributes to the second-meal effect. **American Journal of Clinical**, New York, v. 62, n.1, p.27-54, Abr. 2005.

COMAI, S. et al. The content of proteic and nonproteic (free and protein-bound) tryptophan in quinoa and cereal flours. **Food Chemistry**, London, v.100, n. 7, p. 1350-1355, Mar. 2005.

DANTAS, B. F. et al. Alterações bioquímicas durante a embebição de sementes de baráúna (*Schinopsis brasiliensis* Engl.). **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 30, n. 2, jun. 2008.

DOGAN, H.; KARWE, M. V. Physicochemical Properties of Quinoa Extrudates. **Food Science and Technology International**; London, v. 9, n. 2, p. 101-114, 2003.

DREWNOWSKI, A.; GOMEZ-CARNEROS, C. Bitter taste, phytonutrients, and the consumer: a review. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 72, n. 6, p. 1424-1435, Dec. 2000.

ETTINGER, S. Macronutrientes: carboidratos, proteínas e lipídeos. In: MAHAN, L. K.; ESCOTT-STUMP, S. (Ed.). **Alimentos, nutrição e dietoterapia**. 11. ed. São Paulo: Rocca, 2005. p. 31-64.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Carbohydrates in human nutrition**: report of a joint FAO/WHO expert consultation, abril 14-18, 1997. Rome, 1998. 140 p. (Food and Nutrition Paper, 66).

FOSTER-POWELL, K; HA-HOLT, S.; BRAND-MILLER, J. C. International table of glycemic index and glycemic load values: 2002. **American Journal Clinical Nutrition**, Houston, v. 76, n.1, p. 5-56, 2002.

GUY, R. **Extrusion cooking: technologies and applications**. London: Woodhead, 2001. 206 p.

HSU, T. F. et al. Effects of pré-germinated brown rice on blood glucose and lipid levels in free-living patients with impaired fasting glucose or type 2 diabetes. **Journal of Nutritional Science and Vitaminology**, Tokyo, v. 54, n. 3, p. 163-168, Apr. 2008.

HUI, Y. H. et al. **Handbook of food and beverage fermentation technology**. New York: M. Dekker, 2004. 919 p.

JAY, J. M. **Microbiologia de alimentos**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 711 p.

JENKINS, D. J. A. et al. Effect of a low-glycemic index or a high-cereal fiber diet on type 2 diabetes. **Journal of the American Association**, Chicago, v. 300, n. 23, p. 2742-2753, Abr. 2008.

LAJOLO, F. M.; MENEZES, E. W. **Carboidratos en alimentos regionales Iberoamericanos**. São Paulo: USP, 2006. 645 p.

LEE, K. W. et al. The effects of goami n° 2 Rice, a natural fiber-rich rice, on body weight and lipid metabolism. **Obesity**, Silver Spring, v. 14, n. 3, p. 423-440, Oct. 2006.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495 p. (Biblioteca de Ciências Agrárias Luiz de Queiroz, 12).

MASAKO, M. Serum cholesterol Rreduction by quinoa tempe, quinoa fermented with *Rhizopus oligosporus*, in rats fed with a cholesterol-free Diet. **Journal of Home Economics of Japan**, Ibaraki, v. 56, n. 11, p. 791-795, Jan. 2005.

MUNHOZ, M. P.; WEBER, F. H.; CHANG, Y. K. Influency of hydrocolloids in textura of cornon starch gel. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 3, p. 27-534, Jan. 2004.

NUGENT, A. P. Health properties of resistant starch. **Nutrition Bulletin**, Tokyo, v. 83, n. 5, p. 817-822, Sept. 2005.

ONWULATA, C. et al. Production of extruded barley, cassava, corn and quinoa enriched with whey proteins and cashew pulp. **International Journal of Food Properties**, Munich, v. 37, n. 8, p. 362-371, July 2008.

OSTMAN, M. E.; ELMSTAHL, H. G. M. E.; BJORCK, M. E. Inconsistency between glycemic and insulinemic responses to regular and fermented milk products. **American Journal of Clinical Nutrition**, New York, v. 74, n. 9, p. 96-100, Sept. 2001.

OSTMAN, M. E. et al. On the effect of lactic acid on blood glucose and insulin responses to cereal products: mechanistic studies in healthy subjects and In vitro. **Journal of Cereal Science**, London, v. 36, n. 2, p. 339-346, Apr. 2002.

PARDO, O.; PIZZARO, J. L. **La chicha en el Chile precolombiano**. Santiago: Mare Nostrum, 2005. 116 p.

PA'SKO, P. et al. Effect of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa*) in diet on some biochemical parameters and essential elements in blood of high fructose-fed rats. **Food and Human Nutrition**, Abingdon, v. 65, n. 8, p. 333-338, Apr. 2010.

PEREIRA, M. A.; KARTASHOV, A. I.; EBBLING, C. B. Fast food meal frequency and the incidence of obesity and abnormal glucose homeostases in Young Black and White adults: the cardia study. **Circulation**, Baltimore, v. 107, n. 35, p. 107-135, Oct. 2003.

POLACOW, V.O.; JUNIOR, A.H.L. Dietas hiperglicídicas: efeitos da substituição isoenergética de gordura por carboidratos sobre o metabolismo de lipídios, adiposidade corporal e sua associação com atividade física e com o risco de doença cardiovascular. **Arquivo Brasileiro de Endocrinologia e Metabolismo**, São Paulo, v. 51, n. 3, jun. 2007.

RUALES, J.; NAIR, B. M. Content of fat, vitamins and minerals in quinoa (*Chenopodium quinoa*), seeds. **Food Chemistry**, London, v. 48, n. 2, p. 131-136, May 1993.

SCAZZINA, F. et al. Sourdough bread: starch digestibility and postprandial glycemic response. **Journal of Cereal Science**, London, v. 49, n. 11, p. 419-421, Aug. 2009.

SCRIMSHAW, N. **Food and nutrition bulletin**. Washington: The United Nations University, 1998. 86 p.

SILVA, R. N. et al. Composição química de sementes de trigo (*Triticum aestivum* L.) submetidas a estresse salino na germinação. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 30, n. 1, p.148-155, jan./mar. 2008.

SILVA-CRISTOBAL, L.; OSORIO-DÍAZ, P.; BELLO-PÉREZ, L. A. Digestibilidad del almidón en haba (*Vicia faba* L.). **Agrociencia**, Montevideo, v. 41, n. 9, p. 845-852, Sept. 2007.

SPEHAR, C. R. Utilização da quinoa como alternativa para diversificar alimentos. In: SIMPÓSIO SOBRE INGREDIENTES NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 8., 2002, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: UFU, 2002. p. 49-58.

SPEHAR, C. R.; SANTOS, R. L. B. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) BRS Piabiru: alternativa para diversificar os sistemas de produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 6, p. 889-893, jun. 2002.

TAKAO, T. et al. Hypocholesterolemic effect of protein isolated from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds. **Food Science**, London, v. 11, n. 2, p.161-167, June 2005.

TOVAR, J. et al. Almidón resistente: caracterización y análisis. In: LAJOLO, F. M.; MENEZES, E. W. (Ed.). **Carboidratos en alimentos regionales Iberoamericanos**. São Paulo: USP, 2006. p. 63-88.

VILCHE, C.; GELY, M.; SANTALLA, E. Physical properties of quinoa seeds. **Biosystems Engineering**, London, v. 86, n.1, p. 59-65, Aug. 2003.

VOGELMAN, S.A. et al. Adaptability of lactic acid bacteria and yeasts to sourdoughs prepared from cereals, pseudo cereals and cassava and use of competitive strains as starters. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 130, n. 1, p. 205-2112, Abr. 2009.

WAHLI, C. **Quinoa**: hacia su cultivo comercial. Quito: Latinreco, 1990. 206 p.

WRIGHT, K.H. et al. Isolation and characterization of *Atriplex hortensis* and sweet *Chenopodium quinoa* starches. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 79, n. 5, p. 715-719, Sept. 2002.

CAPÍTULO 2

Composição química de farinhas de quinoa (*Chenopodium quinoa*) processadas

RESUMO

O presente estudo objetivou mensurar os efeitos dos processos de germinação, fermentação e assamento sobre as características químicas de farinhas elaboradas com quinoa. Para realização do trabalho foram elaboradas farinha de quinoa (FQ), farinha de quinoa germinada (FQG), farinha de quinoa fermentada (FQF) e farinha de quinoa germinada/fermentada (FQGF), cruas e assadas (C, A). Os resultados das análises químicas destas farinhas mostrou que houve incremento de 2,7% e 3,4% de lipídios nas FQFC e FQGFC, respectivamente, em relação a FQC. Esse aumento do teor de lipídios pelo processo de fermentação tornou a FQFC a mais calórica dentre todas as farinhas de quinoa processadas. Contudo, o processo de assamento diminuiu significativamente os teores de lipídios de todas as farinhas de quinoa e tornou a FQFA significativamente menos calórica que a FQA. O processo de germinação provocou aumento importante de 3,2% de açúcares totais, 1,57% de glicose e 0,80% de frutose na FQGC em relação a FQC. Os processos de germinação e fermentação, associados ou não, não foram eficientes na elevação do teor de amido resistente (AR) nas farinhas de quinoa, e o processo de assamento diminuiu significativamente o AR pré-existente nas farinhas de quinoa cruas em relação as suas respectivas farinhas de quinoa assadas. Porém, este acontecimento não foi mais relevante do que o importante incremento de fibra alimentar total (FAT) que ocorreu nas farinhas de quinoa após os processamentos. A germinação das sementes de quinoa elevou o teor de FAT da FQGC em 3,2% em relação a FQC, e a fermentação da FQGC aumentou esta diferença de FAT entre a FQGFC e FQC para 6,9%. Com o assamento das FQGFC e FQC, a diferença de FAT entre as duas subiu para 11,5%, tendo sido o maior percentual de FAT encontrado na FQGFA. Desta forma, ficou evidente que os processos de germinação, fermentação e assamento provocam modificações químicas importantes nas farinhas de quinoa.

Palavras-chave: Germinação. Fermentação. Assamento. Caracterização química.

ABSTRACT

This study aimed to measure the effects of the processes of germination, fermentation and baking on the chemical characteristics of quinoa flour. To carry out the work, some quinoa flour (QF) were prepared, as well as germinated quinoa flour (GQF) fermented quinoa flour (FQF) and germinated / fermented quinoa flour (GFQF), raw and baked (R, B). The results of chemical analysis of flour showed an increase of 2.7% and 3.4% of lipids in FQFC FQGFC, respectively, in comparison to the QFR. This increase of lipid content by the fermentation process became the FQFR most caloric of all the processed quinoa flours. However, the process of baking significantly decreased the lipid content of every quinoa flour, and made FQFB significantly less caloric than the QFB. The germination process caused a significant increase of 3.2% on the content of total sugars, 1.57% of glucose and 0.80% of fructose in FQGC in comparison to the QFR. The processes of germination and fermentation, associated or not, were not effective in raising the level of resistant starch (RS) in quinoa flour, and baking process significantly decreased the RS pre existing in raw quinoa flours in relation to their respective baked quinoa flours. However, this event was not more relevant than the significant increase of total dietary fiber (TDF) that occurred in quinoa flours after processing. The germination of quinoa elevated the content of the TDF in GQFR at 3.2% compared to FQC, and fermentation of GQGR increased the TDF difference between GFQFR and QFR to 6.9%. Along with the baking of GFQFR and QFR, the TDF difference between these two rose to 11.5%, with the highest TDFpercentage found in the GFQFB. Thus, it became evident that the processes of germination, fermentation and baking cause important chemical changes in flours of quinoa.

Keywords: Germination. Fermentation. Baking. Chemical characterization.

1 INTRODUÇÃO

A quinoa (*Chenopodium quinoa*) é um pseudocereal de origem andina que possui importantes características nutricionais como, considerável teor de fibras, ácidos graxos essenciais, vitaminas e minerais, proteína isenta de glúten, perfil aminoacídico completo, além de ser bastante palatável.

O principal nutriente da quinoa é o amido, que representa 54 a 64% do peso total da matéria seca, e boa parte deste amido é constituída pelo amido resistente. Além disso, as sementes de quinoa apresentam características agrônômicas positivas que atribuem a ela fácil adaptação aos mais variados tipos de solos (VILCHE; GELY; SANTALLA, 2003).

A associação dos fatores citados acima está incentivando as indústrias alimentícias a investirem cada vez mais no desenvolvimento de produtos a base de quinoa. Diversos produtos que levam quinoa na sua constituição já estão disponíveis no mercado, entre eles estão biscoitos, pães, bolos, rizotos, variados tipos de macarrão, barras de cereais.

Algumas das preocupações em relação ao processamento de alimentos é que o conteúdo e as características dos nutrientes podem ser diminuídos ou alterados pelos processos de tratamento térmico, moagem, gelatinização e retrogradação, que são bastante utilizados pelas indústrias alimentícias. Portanto, é importante encontrar formas de se processar os alimentos de maneira que as qualidades nutricionais destes fiquem preservadas ou sejam evidenciadas.

A partir desta busca por processamentos que conservem ou agreguem características nutricionais importantes aos alimentos, a germinação e fermentação vêm sendo bastante estudados. A germinação de sementes provoca aumento da concentração de fibras, principalmente insolúvel, e reduz os carboidratos solúveis disponíveis na semente, contribuindo para redução do índice glicêmico do alimento e aumento do tempo de digestão, além de estar

associada ao aumento de micronutrientes e ser um processo simples e de baixo custo (HSU et al., 2008; SEKI et al., 2005).

A fermentação, além de aprimorar o sabor, aumentar a vida de prateleira dos alimentos, agir como probiótico, parece provocar efeito de redução da glicemia pós-prandial, efeito este que está sendo diretamente relacionado a presença de ácidos orgânicos no alimento fermentado (OSTMAN; ELMSTAHL; BJORK, 2001; SCAZZINA et al., 2009).

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi mensurar os efeitos dos processos de germinação, fermentação e assamento sob as características físicas e químicas de farinhas elaboradas com quinoa.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O processamento das farinhas de quinoa e as análises físicas e químicas das referidas farinhas foram realizados no Laboratório de Bioquímica Nutricional (LBN) do Departamento de Ciência dos Alimentos (DCA) e Laboratório de Semente (LAS), do Departamento de Agricultura (DAG) da Universidade Federal de Lavras (UFLA). As análises cromatográficas foram realizadas no Laboratório de Fisiologia de Microrganismos do Instituto de Biotecnologia Aplicada à Agropecuária (Biogro) da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Para elaboração das farinhas foram utilizadas sementes de quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*), safra de setembro de 2009, cultivadas em Brasília e gentilmente cedidas pelo Professor Carlos Sphear, da Universidade Federal de Brasília (UnB). Estas sementes foram encaminhadas ao LBN do Departamento de Ciência dos Alimentos (DCA) da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

Após retirar as sujidades das de sementes de quinoa pelo processo de catação, estas foram fracionadas e distribuídas em embalagens de polietileno. As embalagens foram acondicionadas em refrigerador a 5°C até o processamento.

4.1 Obtenção das farinhas de quinoa

Foram preparados oito tipos de farinhas a base de quinoa, e a Figura 1 trás o fluxograma das etapas de elaboração.

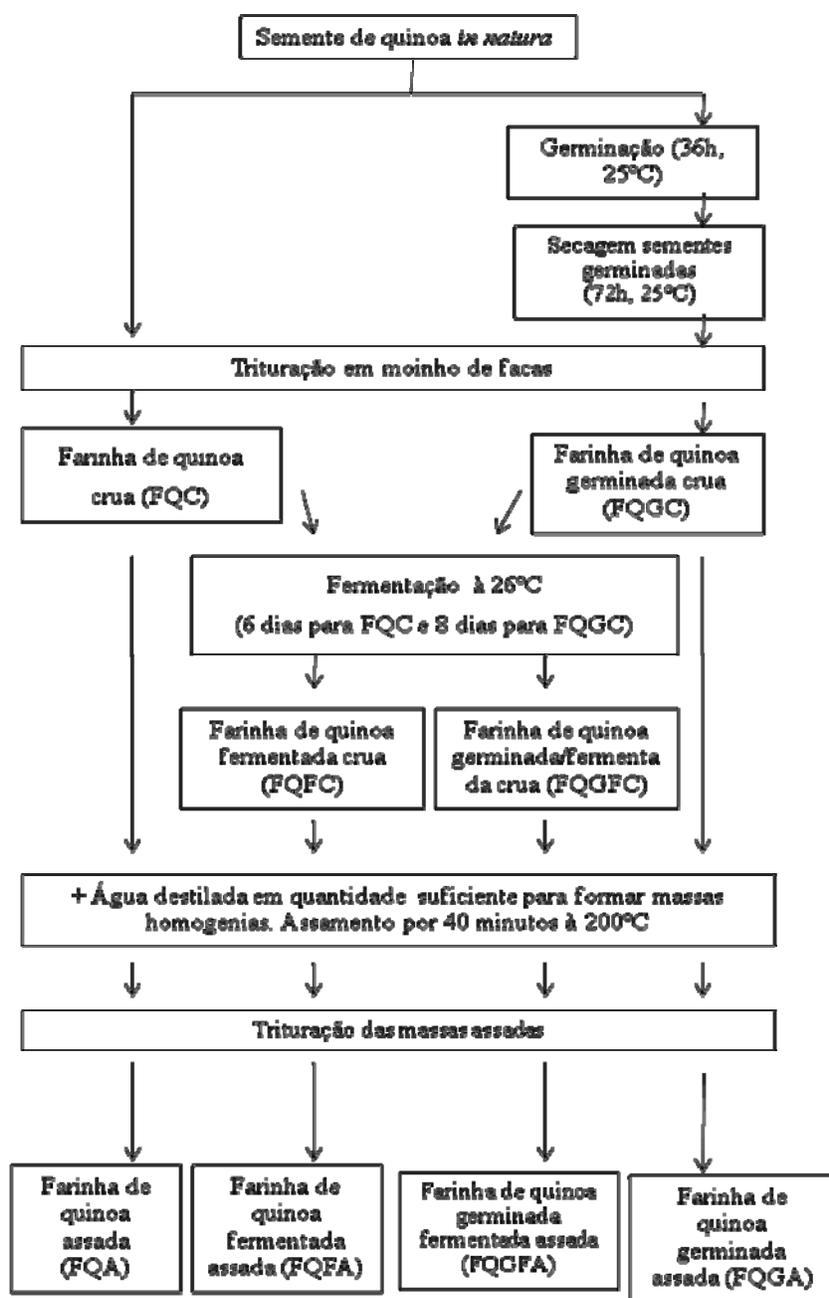


Figura 1 Fluxograma das etapas dos processamentos das farinhas de quinoa

As sementes foram lavadas em água corrente potável e uma porção foi dessecada em estufa com circulação de ar forçada a 35°C por 72 horas, enquanto o restante das sementes foi reservado para germinação. As sementes que secaram em estufa durante 72 horas foram submetidas à moagem em moinho de facas até ficarem com aspecto de farinha, obtendo-se assim a farinha de quinoa crua (FQC).

4.1.1 Processo de germinação

As sementes reservadas para germinação foram envolvidas em papel substrato umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes a sua massa inicial. O papel substrato com as sementes foram mantidos em germinador por 36 horas (1,5 dia) com temperatura controlada, sendo as sementes pesadas antes e após a germinação, de acordo com a metodologia Brasil (1992) para possibilitar a realização dos cálculos de rendimento. A temperatura utilizada foi de 25°±2°C, que é a temperatura ideal de germinação da quinoa de acordo com Schabes e Sigstad (2004). As sementes germinadas foram secas em estufa a 35°C com ventilação de ar forçada por 72 horas. Após a secagem elas foram trituradas em moinho até ficarem com aspecto de farinha, obtendo-se então a farinha de quinoa germinada crua (FQGC).

4.1.2 Processo de fermentação

Da farinha de quinoa crua (FQC) e farinha de quinoa germinada crua (FQGC) foram retiradas porções para a elaboração da farinha de quinoa fermentada crua (FQFC) e farinha de quinoa germinada/fermentada crua (FQGFC), respectivamente. A fermentação foi conduzida com o mesmo processo utilizado para cereais (AVANCINI, 2007). A temperatura foi de 26°C

$\pm 2^{\circ}\text{C}$ e a aferição de pH, análise sólidos solúveis totais (SST) e análise de acidez titulável total da água de fermentação seguiu diariamente.

O processo foi considerado acabado ao 6º dia para FQFC e 8º dia para FQGFC, momento em que quando houve formação de espuma na superfície, formação de bolhas persistentes no interior da massa com desprendimento de forte odor característico e estabilização do pH e da acidez titulável total. Após atingir o grau máximo de fermentação, a FQFC e a FQGFC passaram por um processo de secagem em estufa a 35°C com circulação de ar forçada durante 72 horas.

4.1.3 Processo de assamento

De cada farinha de quinoa crua (FQC, FQGC, FQFC, FQGFC) foram retiradas porções para o preparo da farinha de quinoa assada (FQA), farinha de quinoa germinada assada (FQGA), farinha de quinoa fermentada assada (FQFA) e farinha de quinoa germinada/ fermentada assada (FQGFA).

As farinhas assadas foram elaboradas a partir de massas com 100% das respectivas farinhas cruas, mais água destilada em quantidade suficiente para modelar as massas (o volume de água variou de acordo com o tipo de farinha). Estas foram moldadas no formato de coocks e levadas ao forno durante 40 minutos à temperatura de 200°C , conforme Cereda (1983) procedeu no preparo de biscoitos de polvilho.

Após assamento e resfriamento a temperatura ambiente por 12 horas, as massas assadas em formato de coocks foram trituradas em moinho, sendo transformadas em: FQA, FQGA, FQFA, FQGFA. Todas as farinhas, tanto as assadas quanto as cruas, foram armazenadas separadamente em porções de 500g à temperatura de 5°C , protegidas da umidade e da incidência de luz até realização das análises químicas.

4.2 Rendimento das sementes de quinoa germinadas e das farinhas de quinoa processadas

Para possibilitar o cálculo de rendimento das sementes germinadas e das farinhas de quinoa, as sementes e as farinhas foram pesadas durante todas as etapas do processamento.

O rendimento das sementes germinadas foi calculado pela diferença do peso inicial das sementes de quinoa *in natura* e do peso final das sementes germinadas ainda com a presença da umidade.

O rendimento da farinha de quinoa crua (FQC) foi determinado pela porção de farinha obtida em relação ao total de grãos de quinoa limpas utilizadas na moagem, sendo os resultados expressos em base úmida.

A farinha de quinoa germinada crua (FQGC) teve seu rendimento calculado a partir do peso das sementes germinadas secas em relação à diferença encontrada depois de transformadas em farinha de quinoa germinada crua. O mesmo processo foi realizado com as farinhas fermentadas, peso inicial da FQC, peso inicial da FQGC e peso de ambas após a fermentação e secagem em estufa.

Para obter o rendimento das farinhas assadas, as farinhas cruas (FQC, FQCG, FQCF, FQCGF) foram pesadas individualmente antes da adição de água, e foram pesadas novamente após terem sido assadas e transformadas em farinhas assadas (FQA, FQGA, FQFA, FQGFA).

4.3 Análises químicas

As análises químicas foram realizadas nas farinhas cruas (FQC, FQGC, FQFC, FQGFC) e nas farinhas assadas (FQA, FQGA, FQFA, FQGFA), sendo todas as análises realizadas com 4 repetições.

4.3.1 Composição centesimal e calorias

A composição centesimal dos oito tipos de farinhas de quinoa foi realizada de acordo com a metodologia proposta pela AOAC (1990).

A umidade foi determinada pelo método gravimétrico com emprego de calor. Foram pesadas 5g das amostras das farinhas em cápsulas previamente taradas e as mesmas foram submetidas à secagem em estufa a 105°C por 3 horas, sendo posteriormente resfriadas por 30 minutos em dessecador e pesadas. O procedimento foi repetido até obtenção de peso constante.

Para obtenção do extrato etéreo foi utilizado o método gravimétrico em aparelho destilador “Soxhlet”. O cálculo foi baseado na perda de peso do material submetido à extração com éter.

A proteína foi determinada pelo método de Kjeldahl, que consiste na digestão, destilação e titulação da amostra. Para conversão de nitrogênio em proteína foi utilizado o fator de conversão 6,25.

Para determinação das cinzas, ou resíduo mineral fixo, foi pesado em cadinho previamente tarado 1g de amostra seca e desengordurada de cada farinha. Estas foram incineradas em bico de Bunsen e posteriormente levadas a mufla a 550°C por 6 horas. Os cálculos para determinação de cinzas foram feitos pela diferença da massa inicial e final da amostra.

A análise de fibra alimentar foi realizada seguindo-se as técnicas propostas pela AOAC (2000), que se baseiam nas análises enzimáticas gravimétricas.

O extrato não nitrogenado (carboidrato) foi determinado por diferença dos valores encontrados para extrato etéreo, proteína, cinzas e fibras alimentares em 100g do produto seco, conforme descrito por Ishimoto (2008).

As calorias das farinhas foram calculadas multiplicando a média de cada macronutriente por seu respectivo fator de conversão. A média da quantidade de

carboidrato existente na amostra e também de proteína, foram multiplicadas por 4 e a média do teor de lipídio foi multiplicada por 9. A soma destes resultados correspondeu às calorias de 100g da farinha seca (ISHIMOTO, 2008).

4.3.2 Fibra alimentar total, solúvel e insolúvel das farinhas de quinoa

A fibra alimentar total (FAT), fibra alimentar solúvel (FS) e fibra alimentar insolúvel (FI), foi determinada utilizando-se enzimas termamil, amiloglicosidase e protease doadas pela Empresa Novozymes[®], seguindo-se as técnicas propostas pela AOAC (2000), que se baseiam nas análises enzimáticas gravimétricas. Para esta análise foi pesado 1g de amostra seca e desengordurada, que foi gelatinizada com termamil (α -amilase estável ao calor) em temperatura de ebulição no banho maria com agitador.

Logo após, as amostras foram resfriadas e tiveram o valor de pH ajustado para faixa ótima de ação da protease, que promoveu a quebra da proteína durante os 15 minutos de banho-maria a 60°C com agitação constante. As amostras tiveram o valor de pH novamente reajustado, mas para faixa de ação da amiloglicosidase. Após 15 minutos de banho maria à 60° com agitação, os extratos foram filtrados em cadinhos de vidro de fundo poroso, previamente tarados com 0,5g de celite. O cadinho contendo o resíduo foi seco durante uma noite à 105°C em estufa com ventilação de ar forçada, após a pesagem encontrou o peso da FI.

A FS por sua vez, foi obtida a partir do sobrenadante da filtragem da FI, que foi armazenado em um erlenmeyer de 500mL, adicionado de 280mL de álcool etílico P.A. 95% pré aquecido a 60°C, e deixado em repouso por 1 noite a temperatura ambiente para formação do precipitado. Após está etapa, o precipitado foi filtrado em cadinhos previamente tarados contendo 0,5g de celite, e o resíduo foi lavado sucessivamente com 3 porções de 20 mL de etanol 78%,

duas porções de 10mL de etanol 10% e duas porções de 10mL de acetona. O cadinho contendo a FS foi seco em estufa à 105°C durante uma noite.

Os resíduos secos dos cadinhos de FI e FS foram utilizados para as determinações de cinzas e proteínas. Os resultados de FI e FS, expressos em percentagem na matéria seca, foram obtidos após subtração dos valores de cinzas e brancos (resíduo das provas em branco corrigidos para cinzas e proteína) e subtração da proteína bruta (nitrogênio x 6,25), sendo o nitrogênio determinado por destilação em micro-Kjeldahl. A FAT foi encontrada a partir da soma dos teores de FI e FS.

4.3.3 Determinação de pH das farinhas de quinoa fermentadas e não fermentadas

O pH foi determinado nas farinhas fermentadas e não fermentadas, incluindo a água de fermentação durante o período fermentativo.

Foi preparado um extrato com 5g de amostra em 50mL de água destilada e, após 10 minutos de agitação em agitador magnético, determinou-se o pH, fazendo-se a leitura do líquido sobrenadante em peagâmetro digital, de acordo com a metodologia descrita por Cecchi (2003).

4.3.4 Sólidos solúveis totais das farinhas de quinoa fermentadas e não fermentadas

Assim como para o pH, as análises de sólidos solúveis totais (SST) também foram feitas nas farinhas fermentadas, não fermentadas e na água de fermentação das farinhas.

A análise foi feita aproveitando-se o extrato preparado para determinação de pH. Os SST foram determinados por meio de leitura com

auxílio de um refratômetro digital Atago, modelo PR-100 Palette, com compensação de temperatura automática a 25°C e expresso em °Brix, a partir do exsudado das amostras, conforme metodologia proposta pela AOAC (1992).

Os resultados foram convertidos para percentual em matéria seca.

4.3.5 Acidez titulável das farinhas de quinoa fermentadas e não fermentadas

A acidez titulável de cada tipo de farinha de quinoa e da água de fermentação das farinhas foi determinada de acordo com o método da AOAC (1992), por titulação com NaOH 0,1N. O mesmo extrato utilizado nas determinações de pH e SST também foi utilizado para a análise de acidez titulável. O extrato foi filtrado em filtro de papel e uma alíquota de 5mL do sobrenadante foi retirado e colocado em um erlenmeyer de 250mL com mais 45mL de água destilada e 3 gotas de indicador fenolftaleína (1%), para que fosse possível observar a virada de cor ao adicionar o NaOH 0,1N.

Os resultados foram expressos em percentual de ácido láctico (nas farinhas fermentadas) e percentual de ácido oxálico (nas farinhas não fermentadas), estes dois ácidos orgânicos foram os predominantes na análise cromatográfica realizada para quantificação dos ácidos nas farinhas de quinoa elaboradas neste estudo.

4.3.6 Açúcares totais

Para determinação dos açúcares totais das farinhas de quinoa foi utilizado o método de Dische (1962), que consiste na hidrólise de hexoses pelo ácido sulfúrico concentrado e formação de um produto de coloração verde lido em espectrofotômetro a 620nm.

A extração foi feita de 5g de amostra com volume completado para 50mL com álcool etílico 95%, que foi fervido por 30 minutos em chapa elétrica e deixado em repouso por 12 horas. Após o repouso, o extrato foi filtrado e o resíduo lavado com 50mL de álcool etílico. O sobrenadante foi evaporado em chapa elétrica até atingir aproximadamente 5mL, que foi completado para 50mL com água destilada. A partir deste extrato foram feitas diferentes diluições para os diferentes tipos de farinhas, possibilitando assim que os resultados das leituras em espectrofotômetro (620nm) ficassem entre o ponto mínimo e máximo da curva padrão elaborada com glicose.

Após realizar os testes, 1mL do extrato diluído foi pipetado em tubo de ensaio juntamente com 2mL de antrona. Os tubos foram fervidos por 8 minutos. Após esfriar, as leituras foram feitas em espectrofotômetro e os resultados foram expressos em porcentagem (%) de açúcar total na matéria seca.

4.3.7 Teor de amido total e amido resistente

Para mensuração do teor de amido total nas farinhas de quinoa foi utilizado o método de Somogy adaptado por Nelson (1944), método colorimétrico.

Para esta análise foi utilizado 1g de amostra, que foi depositada em erlenmeyer de 250mL mais 100mL de água, 0,5g de carbonato de cálcio e 80mL de álcool etílico 70%. Os erlenmeyer, com varetas de refluxo, ficaram em banho maria fervente por 1 hora. Terminado o tempo, o material ficou em repouso por 15 horas. Após este período, o material foi filtrado em papel de filtro e o resíduo foi lavado com álcool etílico 95%, então, o resíduo do papel de filtro foi transferido para outro erlenmeyer de 250mL com 80mL de água destilada e 3 gotas de NaOH 10%. Os erlenmeyers foram tampados com tampa de gaze e autoclavados a 120°C por 1 hora. Após este período foi adicionado 2,5mL de

ácido sulfúrico concentrado em cada erlenmeyer e estes foram colocados novamente na autoclave por 30 minutos na mesma temperatura anterior.

Terminado o tempo, o extrato foi neutralizado para pH 7, utilizando NaOH 50% e 10%. Após neutralização, o volume foi completado para 100mL com água destilada e filtrado em papel de filtro, ficando pronto o extrato.

Para determinação do amido total foi feita uma desproteínização do extrato. Ao extrato desproteínizado foi acrescentado reativo cúprico, e este material foi deixado em banho maria por 20 minutos, depois de resfriado, acrescentou-se 1mL de arsenomolibídico e 6mL de água destilada para realizar a leitura das amostras em espectrofotômetro a 510 nm. Os resultados foram expressos em % de amido total na matéria seca.

O teor de amido resistente (AR) nas farinhas de quinoa foi quantificado conforme Gõni et al. (1996), método enzimático colorimétrico.

Foi pesado em erlenmeyer o equivalente a 100mg de amostra seca de cada farinha com quatro repetições. Aos erlenmeyers de 50mL contendo as amostras, adicionou-se 10mL de tampão KCl-HCl (pH 1,5), 0,2mL de solução de pepsina e homogeneizou a amostra. O material ficou em banho maria a 40°C por 60 minutos com agitação constante. Depois de retirar o material do banho maria e resfriar a temperatura ambiente, foi adicionado 9mL de tampão tris-maleato (pH 6,9) e 1mL de solução de α -amilase (Novozymes®). O material foi colocado em banho maria a 37°C sob agitação constante por 16 horas.

Após esses procedimentos, a amostra foi filtrada em filtro de papel e o líquido foi descartado. O resíduo foi lavado com 10mL de água destilada, sendo o líquido descartado novamente. Em erlenmeyer limpo, com ajuda de uma espátula foi colocado o resíduo que ficou no filtro com mais 6 mL de água destilada e então foram adicionados 3mL de KOH (2M). Agitou-se a amostra em temperatura ambiente por 30 minutos. Foram adicionados 5,5mL de HCl (1M), 3mL de tampão sódio acetato (pH 4,75), e 80 μ L de solução de amiloglicosidase

(Novozymes[®]). Então a amostra foi levada ao banho maria por 45 minutos a 60°C sob agitação constante, posteriormente foi novamente filtrada e o resíduo lavado com 7mL de água destilada. O resíduo foi descartado e o sobrenadante (extrato) reservado para realização das análises de AR.

A concentração de glicose dos extratos provenientes das 8 farinhas de quinoa foi determinada com o Kit de glicose oxidase (LABTEST) em espectrofotômetro. Para isso, diluiu-se o extrato com água destilada, na proporção de 1:10.

Para a quantificação da glicose nos extratos das farinhas cruas foi pipetado 250µL dos extratos das respectivas farinhas crua, e para a farinhas assadas foi pipetado 500µL de extrato das respectivas farinhas assadas. Em todos os tubos foi adicionado 1mL do reativo de trabalho do Kit LABTEST e nos tubos com extrato de farinhas cruas 250µL de água destilada para que o volume final em todos os tubos fossem igual a 1,5mL. Em seguida os tubos de ensaio contendo os extratos e reativo de trabalho foram tampados e deixados em banho maria a 37°C por 10 minutos.

Após o período de incubação em banho maria, os tubos foram resfriados a temperatura ambiente e a leitura foi feita em espectrofotômetro com comprimento de onda de 505nm. O equipamento foi zerado com o branco (500µL de água destilada e 1mL do reativo padrão). Para avaliar o teor de glicose nas amostras, foi feita uma curva de glicose com o padrão e reativo de trabalho contidos no kit de glicose oxidase (LABTEST). A glicose encontrada na análise foi multiplicada por 0,9 e assim foi detectada a quantidade de AR das amostras. Os resultados foram expressos em % de AR na matéria seca.

4.3.8 Quantificação de ácidos orgânicos, glicose e frutose por CLAE

Os ácidos orgânicos láctico, acético, butírico, propiônico, oxálico e cítrico e os açúcares glicose e frutose das farinhas de quinoa foram quantificados em Cromatógrafo Líquido de Alta Eficiência (CLAE). Foram pesados 2g de amostra de cada farinha e completado o volume para 25mL com água mili-Q. O material foi agitado por 20 minutos a temperatura ambiente e deixado *over night* a temperatura de 5°C. Após aproximadamente 15 horas de repouso, o material foi centrifugado e filtrado em membrana de acetato de celulose, porosidade 0.22um. Injetou-se 20µL de extrato na coluna Biorad, HPX-87H, sendo a fase móvel o ácido sulfúrico (0,005M) mais água Mili-Q. Foi estabelecido 40°C a temperatura ideal para análise, fluxo do material igual a 0,6mL/minuto e detecção feita através do índice de refração (THONGCHUL; NAVANKASATTUSAS; YANG, 2009).

Anteriormente a injeção dos extratos no HPLC, os padrões dos ácidos láctico, acético, butírico, propiônico, oxálico e cítrico e dos açúcares glicose e frutose a serem detectados nos extratos, foram injetados separadamente para possibilitar a avaliação do tempo de retenção de cada composto. Após estabelecer o tempo de retenção individualmente, as curvas padrões foram confeccionadas a partir de 5 pontos (diluições) de dois diferentes mix que foram preparados com os padrões. O primeiro mix continha os padrões ácido oxálico, ácido propiônico, ácido acético e ácido butírico, o segundo mix continha ácido láctico, ácido cítrico, glicose e frutose. As diluições dos mix foram feitas na proporção de 1:5, 1:8, 1:10, 1:16 e 1:20.

Os resultados foram calculados em percentual da matéria seca da amostra analisada.

4.4 Análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) com 4 repetições, e os resultados obtidos nas análises físicas e químicas foram submetidos à análise de variância pelo teste Scott Knott a 5% de significância. As análises foram feitas no software SISVAR (FERREIRA, 2008).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Rendimento das sementes de quinoa germinadas e das farinhas de quinoa obtidas após processo germinativo, fermentativo e assamento

O rendimento médio das sementes de quinoa germinadas e das farinhas de quinoa integrais processadas, assim como o volume médio de água adicionada as farinhas cruas para o preparo das farinhas de quinoa assadas, está apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 Rendimento das sementes de quinoa germinadas, das farinhas de quinoa germinadas, fermentadas, assadas e volume médio de adição de água (mL/100g) para o preparo das farinhas assadas

Tratamento	Rendimento Médio (%)	Adição de água mL/100g
SQG	142,8	--
FQC	86,96	--
FQGC	97,41	--
FQFC	70,65	--
FQGFC	56,20	--
FQA	104,73	60
FQGA	112,75	75
FQFA	108,44	77
FQGFA	111,18	72

Legenda: SQG: semente de quinoa germinada; FQC: farinha de quinoa crua; FQGC: farinha de quinoa germinada crua; FQFC: farinha de quinoa fermentada crua; FQGFC: farinha de quinoa germinada, fermentada crua; FQA: farinha de quinoa assada; FQGA: farinha de quinoa germinada assada; FQFA: farinha de quinoa fermentada assada, FQGFA: farinha de quinoa germinada/fermentada assada

O rendimento das sementes de quinoa após o processo de germinação apresentou-se superior a 100% (142%), apesar de ter sido um rendimento positivo, foi menor que o de sementes de leguminosas avaliadas por Machado et al. (2009). Esses autores germinaram sementes de feijão e encontraram rendimento de 6 vezes, contra o rendimento de 1,5 vezes das sementes de quinoa.

Alguns fatores podem ser atribuídos a estas diferenças de rendimento, como dimensões das sementes e tempo de germinação. O fato das sementes de feijões serem maiores possibilita maior absorção e retenção de água, o que eleva o seu peso mais intensamente em relação a sementes menores.

Relacionando o tempo de germinação com o rendimento, o maior período de germinação pode favorecer maior produção de metabólitos, o que implica em radículas e plântulas mais robustas e desenvolvidas, conseqüentemente, mais pesadas (MIRANDA, 2006).

Em geral, considerando o rendimento, a germinação de grãos se torna compensatória, uma vez que umidificação das sementes e os derivados do metabolismo vão contribuir para o aumento de peso destas, proporcionando rendimento sempre acima de 100%, além de não ser necessário a utilização de mão de obra especializada e não requerer maquinário para produzir os brotos.

Com relação ao rendimento médio das farinhas elaboradas, o maior rendimento das farinhas cruas foi da FQG (97,41%) e o menor da FQGF (56,20%), seguida pela FQFC (70,65%).

O rendimento da FQC (86,96%) correspondeu aos valores preconizados por Miranda (2006), o qual relata o rendimento máximo de 95% para farinhas integrais resultantes de cereais limpos.

Este fato pode ser confirmado por um estudo realizado por Marcílio et al. (2003) onde eles encontraram rendimento de 67,86% para farinha de amaranto (*Amaranthus cruentus*), pseudocereal da mesma família da quinoa. O

menor rendimento da farinha de amaranto em relação ao da FQC pode ser justificado pela menor concentração de umidade da farinha de amaranto pronta (12,5%), em contraposição a da FQC (19,8%).

Farinhas produzidas por cereais tradicionais também apresentaram menor rendimento médio em relação a FQC processada neste trabalho. Gutkosk et al.(1999) produziram farinha de trigo com rendimento igual a 62,54% e umidade igual a 16,5%. Porém, a farinha produzida não foi integral como a da quinoa, parte do endosperma das sementes do trigo foram excluídas, o que contribui para redução do rendimento.

O maior rendimento da FQGC em relação às farinhas de quinoa fermentadas cruas (FQFC e FQGFC) pode estar relacionado a perda de materiais solúveis junto com a água que é escoada ao final do processo de fermentação (TANYA et al., 2006). A perda por lixiviação foi ainda mais agravada no caso da FQGFC, já que, o processo de germinação rompe inúmeras ligações químicas de diversos nutrientes, aumentando assim o teor de compostos solúveis em água. Provavelmente, por este motivo o rendimento da FQGFC foi o menor dentre as farinhas de quinoa processadas neste trabalho.

Trabalho realizado por CEREDA e VILPOUX (2010) corrobora os fatos já relatados. Eles constataram que durante a fermentação da farinha de mandioca parte do amido e a maioria dos compostos solúveis, incluindo os açúcares que não foram metabolizados pelos microrganismos, foram arrastados para a água de fermentação eliminando assim parte da massa seca do material. Este fato levou a um rendimento de apenas 30,60% da farinha de mandioca elaborada por estes autores, rendimento bastante menor que o da FQFC (70,65%).

O rendimento de todas as farinhas de quinoa assadas foi superior a 100%, variando de 104,72% (FQA) a 112,75% (FQGA), salientando que a variação de rendimento das farinhas de quinoa assadas foi menor do que o das farinhas de quinoa cruas (Tabela 1). O maior rendimento das farinhas de quinoa

assadas já era esperado, visto que, foi adicionado um grande volume de água as farinhas de quinoa cruas para o preparo das massas de quinoa assadas o que promoveu acúmulo de umidade e conseqüente aumento do peso final dessas.

O maior volume de adição de água por grama de farinha crua para elaboração das massas assadas de quinoa foi para FQF (77 mL/100g de farinha) seguida pela FQG (75 mL/100g de farinha).

Embora a maior adição de água a massa esteja relacionada ao maior rendimento de farinhas assadas, pode-se perceber que a FQFC, que necessitou de maior quantidade de água (mL/100g) para o preparo da massa, não foi a que apresentou maior rentabilidade depois de pronta, sendo a FQGA a mais rentável. Esta diferença pode ser devido à umidade prévia das farinhas cruas, a propriedades intrínsecas das farinhas e ou a diferenças na umidade final, que promovem maior ou menor retenção de água durante o assamento.

A FQFA foi a que apresentou menor teor de umidade final, 13,7%, o que implica em uma redução do rendimento devido à maior perda de umidade. Esta justificativa é reafirmada após observar que a FQGA, a mais rentável (112,75%), também foi a que apresentou maior teor de umidade final, 20,6%.

5.2 Análises químicas das farinhas de quinoa cruas durante o processo de fermentação

Os Gráficos 1 e 2 apresentam os resultados encontrados na água de fermentação da FQC e FQGC para sólidos solúveis totais (%), pH e acidez titulável (%), durante o período de fermentação destas farinhas.

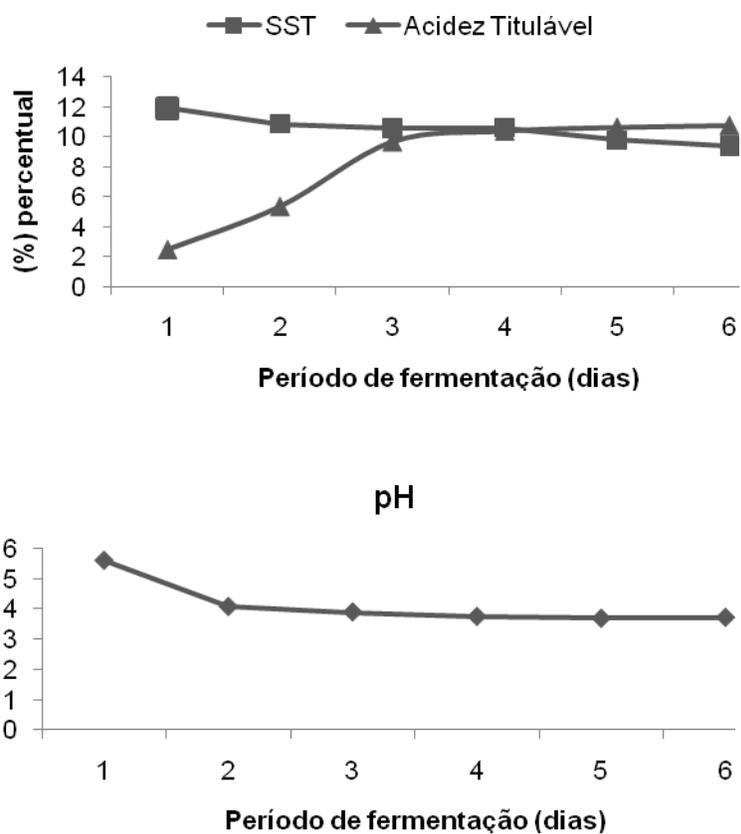


Gráfico 1 Sólidos solúveis totais (SST %), acidez total titulável (ATT) e pH da água do processo fermentativo da farinha de quinoa crua (FQC) no período de 6 dias a 25°C

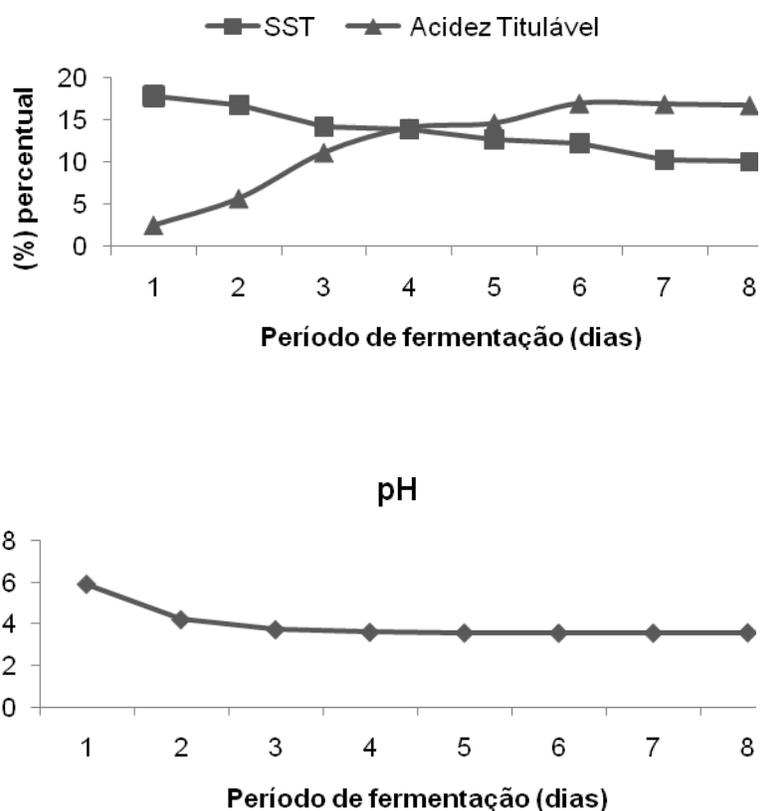


Gráfico 2 Sólidos solúveis totais (SST %), acidez total titulável (ATT) e pH da água do processo fermentativo da farinha de quinoa germinada crua (FQGC) no período de 8 dias a 25°C

Os prováveis microrganismos fermentativos presentes naturalmente nas farinhas de quinoa crua (FQC) e farinha de quinoa germinada crua (FQGC), levaram 6 e 8 dias para a fermentação completa das respectivas farinhas. Os microrganismos da FQGC precisaram de um período de tempo maior para a fermentação completa desta devido ao seu teor inicial de sólidos solúveis totais (SST, 23,78%), que chegou a ser duas vezes maior que o teor de SST inicial da FQC (13,36%).

O tempo de fermentação varia com o as características que deseja-se desenvolver no produto final, com o tipo de alimento fermentado e com as bactérias naturalmente presentes, em caso de fermentação natural (NOUT, 2009).

Tanya et al. (2006) fermentaram farinhas de mandioca elaboradas a partir de 3 variedades diferentes e o tempo gasto para a fermentação foram 6 dias. Já Oyewole e Afalomi (2001) atingiram o grau de fermentação desejado em 4 dias.

Durante o período de fermentação foi possível observar que existe uma relação entre a redução dos teores de SST, aumento da ATT e abaixamento do pH. Os teores iniciais de SST das FQC (11,9%) e FQGC (24,2%) foram reduzidos até 9,4 e 11,85%, respectivamente.

Em 24 horas de fermentação a ATT da água de fermentação da farinha de quinoa aumentou 3,4% (de 1,6 para 5,0%), até estabilizar em 144 horas (6 dias), com 10,68% de ATT, que coincidiu com o pH de 3,7. No caso da FQGC, a ATT da água de fermentação aumentou 4,7% (de 1,3 para 6,0%) nas primeiras 24 horas, tendo estabilizado em 192 horas (8 dias), com 16,68% de ATT e pH igual a 3,6. Além de aumento mais rápido da ATT nas primeiras 24 horas a FQGC também apresentou teor de ATT mais elevado do que a FQC (6% a mais).

Goyal e Nhetarpaul (1994) trabalharam com períodos fixos de fermentação de arroz, 12, 18 e 24 horas, e com temperaturas de 25, 30 e 35°C. Eles observaram que em todos os períodos e temperaturas ocorreu uma redução do pH e aumento da acidez titulável da água de fermentação das farinhas, porém, a queda máxima do pH e elevação máxima da acidez foram observadas na fermentação por 24 horas a 25°C.

Kingankono et al. (1994) pesquisaram variações na fermentação de farinha de cereais germinados e não germinados e eles notaram que a massa de

cerais que fermentou mais rapidamente foi aquela preparada com cereais germinados. Até as primeiras 24 horas de fermentação da massa preparada com cereal germinado o pH foi ≤ 4 , enquanto que na farinha não germinada o pH foi $\geq 5,2$, estando a redução do pH correlacionada com a produção de ácidos.

O processo de fermentação é caracterizado por um aumento na produção de ácidos e redução do pH, condições que foram observadas no presente estudo. Os ácidos produzidos durante a fermentação estão atribuídos as atividades das bactérias ácidas lácticas sobre os nutrientes disponíveis no produto (TANYA et al., 2006).

A redução do pH do ambiente está relacionada exatamente com os ácidos produzidos pelas atividades metabólicas das bactérias. A fase de produção de ácido da fermentação começa no final da fase de latência, que coincide com o início da queda do pH (RACCACH et al., 2004). Este acontecimento pode ser observado nas Figuras 1 e 2, que ilustram os resultados das avaliações físico-químicas das águas de fermentação das FQC e FQGC.

Portanto, pode-se reafirmar que as peculiaridades do material a ser fermentado (se é da mesma variedade, se é germinado ou não), o período de fermentação (horas, dias), a temperatura, todos estes fatores interferem nas características físico-químicas do produto final.

5.3 Análises químicas das farinhas processadas

5.3.1 Composição centesimal e teor energético

A composição centesimal em matéria seca (MS) e o teor energético (calorias) das farinhas de quinoa processadas estão expostos na Tabela 2.

Tabela 2 Composição centesimal em matéria seca (MS) e valor energético de farinhas de quinoa submetidas a diferentes processamentos

Tratamentos	Umidade	Glicídio	Lipídio	Proteína	FAT*	Cinza	Energia (kcal)
FQC	19,8 ^b	54,8 ^b	5,7 ^b	18,4 ^b	19,0 ^d	2,3 ^b	342,9 ^b
FQGC	10,3 ^c	52,6 ^c	5,4 ^b	17,3 ^c	22,2 ^c	2,4 ^b	328,6 ^c
FQFC	2,9 ^f	55,1 ^b	8,4 ^a	14,9 ^f	19,9 ^d	1,6 ^c	355,6 ^a
FQGFC	3,2 ^f	48,9 ^d	9,1 ^a	14,4 ^g	25,9 ^b	1,7 ^c	335,1 ^c
FQA	16,5 ^c	56,7 ^a	2,9 ^c	19,6 ^a	18,2 ^d	2,6 ^a	331,5 ^c
FQGA	20,6 ^a	52,2 ^c	3,8 ^d	19,6 ^a	21,8 ^c	2,6 ^a	321,9 ^d
FQFA	13,7 ^d	52,4 ^c	4,3 ^d	16,7 ^d	24,9 ^b	1,6 ^c	315,1 ^c
FQGFA	14,2 ^d	49,2 ^d	4,7 ^c	15,3 ^c	29,7 ^a	1,8 ^c	293,4 ^f
CV%	2,3	1,9	9,2	1,7	4,5	5,1	1,3

Legenda: *FAT = fibra alimentar total. FQC: farinha de quinoa crua; FQGC: farinha de quinoa germinada crua; FQFC: farinha de quinoa fermentada crua; FQGFC: farinha de quinoa germinada, fermentada crua; FQA: farinha de quinoa assada; FQGA: farinha de quinoa germinada assada; FQFA: farinha de quinoa fermentada assada, FQGFA: farinha de quinoa germinada fermentada assada. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scot-Knott, a 5% de probabilidade

Considerando o teor de umidade, a farinha de quinoa germinada assada (FQGA) e farinha de quinoa crua (FQC) foram significativamente as mais úmidas ($p \leq 0,05$) e a farinha de quinoa fermentada crua (FQFC) e farinha de quinoa germinada/fermenta crua (FQGFC) as que apresentaram o menor teor de umidade ($p \leq 0,05$).

A média do teor de glicídios para FQC avaliada neste estudo ficou entre 54,1% e 64,2%, correspondendo aos valores encontrados por Vilche, Gely e Santalla (2003) para sementes de quinoa.

Em relação as médias de glicídios nas farinhas cruas, este nutriente foi significativamente mais elevado ($p \leq 0,05$) na FQC (54,8%) em relação à FQGC (52,6%) e a FQGFC (48,9%).

O processamento cruzado de germinação e fermentação é bastante utilizado em determinadas regiões para a elaboração de bebidas alcoólicas artesanais (chicha, bebida alcoólica fermentada preparada com quinoa na região Andina, tchoukoutou, cerveja obtida do sorgo vermelho na Ásia e África, Uji, Jiu, bebidas fermentadas tradicionais na Ásia) exatamente pelo fato do processo inicial de germinação contribuir para quebra de compostos complexos e disponibilizá-los para o uso dos microrganismos fermentativos a exemplo das bactérias e leveduras (NOUT, 2009).

O menor percentual de glicídios (carboidratos) na FQGFC (48,9%) foi uma consequência da germinação, que quando associado ao processo de fermentação teve uma reposta acentuada.

Inicialmente a germinação provoca a quebra de parte das cadeias complexas dos glicídios existentes, tornando-os menores e solúveis (açúcares simples). Esses compostos não se acumulam, são utilizados em grande parte na respiração para produção de energia bem como na síntese de outras moléculas complexas durante a germinação (MIRANDA, 2006).

Os açúcares simples que não foram consumidos na germinação ficaram disponíveis para os microrganismos fermentativos que utilizaram estes compostos como fonte de energia para seus processos metabólicos (AKPAPUNAMAND; ACHINEWHU, 1985; NOUT, 2009) ocasionando em perda mais acentuada de glicídios na FQGFC em relação à FQC (5,9%) e a FQGC (3,7%).

Torres et al. (2007) observaram o efeito da germinação em sementes de abóbora e certificaram diminuição de 11,4% do teor de amido.

Dentre as farinhas assadas, a FQ foi novamente a que apresentou o maior percentual de glicídios (56,7%). Sua concentração de carboidrato foi significativamente superior ($p \leq 0,05$) a todas outras farinhas assadas, FQGA (52,2%), FQFA (52,4%) e FQGFA (49,2%), sendo que, FQGA e FQFA não apresentaram diferença estatística entre si (Tabela 2).

Considerando as concentrações de lipídios nas farinhas cruas, as FQGF (8,4%) e FQF (9,1%) tiveram incrementos significativos ($p \leq 0,05$) de 3,4% e 2,7%, respectivamente, em relação à FQ, que apresentou teor total de lipídeo igual a 5,7%. Acredita-se que o que ocorreu foi uma concentração deste nutriente nas farinhas, já que houve redução de carboidrato, cinzas e proteína na FQGFC e redução de proteína e cinzas na FQFC.

A FQGC, com 5,4% de lipídios, apresentou a menor concentração deste nutriente em relação as outras farinhas de quinoa processadas, porém, não se diferenciou significativamente da FQC.

A redução dos teores de lipídios na FQGC pode estar relacionada à hidrólise destes durante a germinação. Assim como os carboidratos, durante a germinação os lipídios também podem ser hidrolisados e utilizados nos processos metabólicos das sementes para produção de novas células e organelas do embrião (MIRANDA, 2006). Porém, de forma contraditória, Lemar e Swanson (1976 citados por MIRANDA 2006) relataram aumento dos teores de lipídeos em sementes de sorgo germinadas por 3 e 5 dias e de acordo com eles este fato é uma consequência da síntese de lipídios oriunda da degradação do amido.

Estes relatos levam a crer que o catabolismo ou o anabolismo de lipídios nas sementes germinadas possa estar relacionado com o tempo de germinação. Caso seja disponibilizado um período mais longo para germinação, como ocorreu nos estudos de Lemar e Swanson (1976 citados por MIRANDA 2006), estas sementes terão tempo suficiente para quebrar o amido e utilizá-lo para

síntese de novos lipídios. As sementes de quinoa deste trabalho foram submetidas à germinação por um período de 36 horas (1,5 dia), tempo que pode não ter sido suficiente para a síntese de lipídios.

Oloyo (2004) também observou aumento no teor de lipídios de feijão guandú germinado. A germinação ocorreu durante 5 dias e o incremento de lipídios foi de 5,3%.

Após o assamento todas as farinhas de quinoa tiveram decréscimo significativo ($p \leq 0,05$) das concentrações de lipídios em relação as suas respectivas farinhas cruas, mas ainda assim, a FQGF continuou apresentando a maior concentração de lipídios (4,7%) em relação às outras farinhas de quinoa assadas.

É possível que o assamento tenha sido o responsável pela diminuição dos teores de lipídios nas farinhas de quinoa. A cocção dos alimentos aumenta consideravelmente a oxidação dos ácidos graxos, modificando as concentrações desse em relação ao produto original. O efeito oxidante do tratamento térmico tem sido descrito na literatura e atribuído a vários fatores, dentre eles estão a desnaturação protéica, que pode causar a perda de atividade de enzimas antioxidantes como a catalase, a glutationala peroxidase e a superóxido desmutase; e a ruptura das membranas celulares, que coloca os ácidos graxos insaturados em contato com pró-oxidantes como os radicais alcóxila e hidroxila (MARIUTTI; BRAGAGNOLO, 2009).

O início da reação de oxidação lipídica é composto pela formação de radicais livres e hidroperóxidos e os produtos primários dessa reação podem sofrer oxidação durante o aquecimento ou armazenamento (MARIUTTI; BRAGAGNOLO, 2009).

O efeito do tratamento térmico provocando a redução do teor de lipídio nos alimentos também foi observado no trabalho realizado por Akpapunamand e Achinewhu (1985), os quais trabalhando com grãos de leguminosas germinados,

fermentados, crus e cozidos, concluíram que as amostras de farinhas germinadas e fermentadas cruas continham mais lipídios que as farinhas germinadas e fermentadas assadas.

Os teores de proteínas das farinhas de quinoa, dispostos na Tabela 2, seguiram uma seqüência de concentração crescente para FQGFC (14,4%), FQFC (14,9%), FQGFA (15,3), FQFA (16,7%), FQGC (17,3%), FQC (18,4%) e por último, FQA e FQGA, que apresentaram a maior e mesma concentração de proteína (19,6%). Todas as farinhas diferiram estatisticamente entre si ($p \leq 0,05$), exceto a FQA e FQGA, que apresentaram exatamente a mesma média.

A FQGC apresentou redução significativa ($p \leq 0,05$) de 1,1% no teor de proteína em relação à FQC. De acordo com Miranda (2006) e Dantas et al. (2008) durante o processo de germinação proteases presentes nas sementes são ativadas e quebram as partículas protéicas em aminoácidos, estes são translocados para os pontos de crescimento das sementes onde são utilizados diretamente na formação de novas proteínas ou são oxidados para liberação de energia no Ciclo de Krebs. Provavelmente foi este processo que provocou a diminuição do teor de proteína da FQGC em relação à FQC.

Em estudo realizado com feijões germinados foi observado que o processo de germinação praticamente não exerceu efeito sobre a proteína bruta, porém, foi encontrado um aumento progressivo do conteúdo de aminoácidos livres em comparação as sementes não germinadas, comprovando a existência das proteases e ação destas (TORRES et al., 2007).

Machado et al. (2009) observaram um decréscimo progressivo do percentual de proteína nas sementes germinadas em períodos de 2, 3, 4, 5, 6, dias.

Giami e Bekebain (1992) trabalharam com a germinação em sementes de abóbora e observaram aumento da fibra bruta e redução do teor de carboidratos e lipídios, assim como foi observado no presente estudo, mas,

diferentemente ao observado nas farinhas de quinoa, ocorreu aumento de 3,8% do teor de proteína bruta das sementes de abóboras.

Esta variação no resultado dos teores de proteína do estudo Giami e Bekebain (1992) em relação ao presente estudo pode ser atribuída a variações nos procedimentos usados para germinação, porcentagem de germinação e vigor das sementes (SANGRONIS; MACHADO, 2007).

O processo de fermentação, assim como o de germinação, provocou efeito negativo de diminuição dos teores de proteína na FQFC (3,5%) e na FQGFC (4%).

Goyal e Nhetarpaul (1994), que trabalharam com diferentes tipos de cereais e leguminosas, também perceberam que a fermentação causou uma pequena redução dos teores de proteínas dos cereais fermentados mas as leguminosas não sofreram nenhuma alteração importante deste nutriente.

Em trabalho realizado por Akubor e Chukwu (1999) foi observado aumento significativo do teor de proteína dos produtos fermentados, o que contrapõem os resultados deste trabalho. De acordo com os autores, os microrganismos fermentativos sintetizaram novas proteínas durante o processamento.

O processo de assamento provavelmente foi o responsável pelo aumento do teor de proteína em todas as farinhas de quinoa assadas em relação as farinhas de quinoa cruas.

Com relação à fibra alimentar total (FAT) das farinhas de quinoa (Tabela 2), os menores valores encontrados foram na FQA (18,2%), que não se diferiu estatisticamente da FQC (19%) e nem da FQFC (19,9%), apesar de essa última ter apresentado acréscimo de 0,9% de FAT em relação à FQC.

A média do teor de fibras encontrada nos grãos de quinoa avaliada por outros autores foi de 4,1%, com um intervalo de 1,1 a 16,32% (WAHLI et al., 1990). Os resultados revelam que a farinha de quinoa apresenta teor de fibra

alimentar superior a outras farinhas habitualmente consumidas pela população, como a de trigo (2,3%), mandioca (crua 6,4%; torrada 6,5%), aveia (crua 9,1%), centeio integral (15,5%), sendo superado apenas pela farinha de soja (20,2%), segundo dados da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP (2006).

Ranhotra (1994 citado por Miranda, 2006) encontrou valores de 10,2% de fibra alimentar para a farinha integral de trigo, apesar desse valor ser muito superior ao citado na TACO (2006), o teor de FAT da FQC é mais elevado (19%).

A germinação por si foi eficiente na elevação dos níveis de FAT das FQGC e FQGA em relação às FQC e FQA, o aumento foi de 3,2% e 3,6%, respectivamente, porém, as farinhas germinadas quando fermentadas apresentam um acréscimo ainda mais expressivo de 3,7% para FQGFC em relação à FQGC, e 7,9% para FQGFA em relação a FQGA. A germinação associada à fermentação e assamento mostrou ser um processamento muito eficaz no aumento do teor de FAT.

O processo de assamento não foi capaz de provocar alterações significativas no percentual de fibra alimentar da FQ e FQG, já para as FQF e FQGF o assamento esteve relacionando com aumento significativo ($p \leq 0,05$) de fibra alimentar. A FQFA foi acrescida em 5% de FAT quando comparada a FQFC, a FQGFA apresentou incremento de 3,8% em relação à FQGFC.

O aumento de fibras alimentares nas FQF e FQGF após o assamento pode estar relacionado com a diminuição do teor de lipídios que provocou concentração das fibras alimentares como processo de compensação, porém, este não deve ser o único fator causador do incremento de FAT já que, as FQA e FQGA também apresentaram diminuição significativa do teor de lipídios após o assamento, mas, ao invés de aumento do percentual de FAT estas farinhas tiveram diminuição de 0,8% e 0,4%, respectivamente.

Dentre os processamentos estudados a forma mais eficiente de incrementar fibras alimentares na farinha de quinoa foi a germinação associada à fermentação e assamento. A FQGFA teve um acréscimo de 11,5% de FAT em relação à FQA. Este foi um achado bastante importante, já que, baseado apenas em métodos físicos naturais, foi possível conseguir um produto de excelente qualidade nutricional sem processos de industrialização.

De acordo com Filisetti (2006) a fibra alimentar é a parte comestível das plantas ou carboidratos análogos que são resistentes à digestão e absorção no intestino delgado de humanos com fermentação completa ou parcial no intestino grosso. Estas fibras promovem efeitos fisiológicos benéficos, incluindo laxação e atenuação da colesterolemia e glicemia, prevenção de doenças cardiovasculares, prevenção de câncer de colón, por esses motivos é bem visto o aumento das concentrações de fibras alimentares nos alimentos.

Considerando os teores de cinzas nas farinhas de quinoa em matéria seca, este foi significativamente mais elevado ($p \leq 0,05$) nas FQA (2,6%) e FQGA (2,6%) em relação às FQGC (2,4%) e FQC (2,3%). O menor teor de cinzas foi encontrado na FQFC (1,6%) e sua respectiva farinha assada, FQGFA (1,8%), estas últimas não diferiram entre si significativamente.

O percentual de cinzas encontrado para FQC (2,3%) foi inferior aos 3,4% relatado por Vilche, Gely e Santalla (2003) para as sementes. Contudo, os 2,3% de cinzas da FQC foi superior ao de cereais tradicionais como o arroz (0,5%) e trigo (1,8%) (MARCILI, 2003; WAHLI et al., 1990).

A FQGC não apresentou diferenças nas concentrações de cinzas em relação à FQC, resultado este que foi divergente ao de outros estudos.

Torres et al. (2007) observaram redução significativa de 19% do teor de cinzas nas sementes de guandú após a germinação durante 4 dias a 20°C. Em contra partida Oloyo (2004) e Machado et al. (2009) encontraram aumento do teor de cinzas nas sementes germinadas em seus estudos e correlacionaram este

fato positivamente ao período de germinação da semente. De acordo com Oloyo (2004) e Machado et al. (2009) à medida que se aumenta o tempo de germinação ocorre também aumento progressivo da concentração de micronutrientes, que foi atribuído a perda de matéria seca, principalmente sob a forma de carboidratos.

O período de germinação da semente de quinoa foi curto, apenas 1,5 dias, e pode não ter sido suficiente para provocar modificações expressivas na concentração da matéria seca desta culminando desta forma na inalteração dos percentuais de cinzas na FQGC em relação à FQC.

Diferentemente do processo de germinação, a fermentação provocou redução indesejada do teor de cinzas. Os níveis de perda foram de 0,7% na FQFC e 0,6% na FQGFC em relação à FQC, perdas significantes ao nível de 5% de probabilidade (teste Scott-Knott).

Foram encontradas duas justificativas para a diminuição do teor de cinzas após a fermentação de farinhas. De acordo com Tanya et al. (2006) as cinzas são perdidas por lixiviação. O processo de imersão da farinha em grande volume de água por determinado número de dias solubiliza os micronutrientes solúveis que são escoados junto com a água de fermentação ao final do processamento.

Para Granito et al. (2002) o motivo da diminuição dos teores de cinzas nas farinhas fermentadas é o consumo dos minerais pelos microrganismos fermentativos. Estes autores observaram diminuição de 2% do teor de cinzas na farinha de feijão fermentada.

Tanya et al. (2006) fizeram avaliação do processo fermentativo de 4 variedades de mandioca e em todas as amostras ocorreu diminuição do percentual de cinzas, a média de perda foi igual a 0,99%. Akubor e Chukwu (1999) também observaram diminuição das concentrações de cinzas em farinhas fermentadas.

De forma contraditória, em estudo realizado por Goyal e Nhetarpaul (1994) não foi observada alterações no teor de cinzas para farinhas de soja, independentemente do tempo de fermentação e temperatura.

O processo de assamento das farinhas de quinoa não causou alterações importantes nos teores de cinzas. Não foram encontrados estudos que comparessem os teores de cinzas em farinhas de sementes germinadas ou fermentadas após assamento.

O maior teor calórico, kcal, entre as farinhas de quinoa processadas neste estudo foi o da FQFC (355,6kcal), que foi significativamente mais elevado ($p \leq 0,05$) do que a FQC (342,9kcal), segunda farinha mais calórica. A menor média calórica, entre as farinhas cruas, foi atribuída a FQGC (328,6kcal) seguida pela FQGFC (335,1kcal), não havendo diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre estas.

A maior média calórica da FQFC está associada ao seu elevado teor de lipídios (8,4%). Os lipídios têm densidade calórica igual a 9 kcal/g, 2,25 vezes mais em relação a proteína e o carboidrato, que têm densidade calórica igual a 4kcal/g. As fibras alimentares não são computadas nos cálculos de calorias dos alimentos por não serem digeridas, sendo assim, não disponibilizam energia (FILISSETT, 2006).

Após o processo de assamento das farinhas de quinoa ocorreu redução calórica importante ($p \leq 0,05$) em todas. A farinha assada significativamente menos calórica ($p \leq 0,05$) foi FQGFA (293,4kcal), que, enquanto crua não correspondeu a menos calórica. Entende-se então que não existe uma pré-definição das quilocalorias a serem reduzidas nas farinhas após o assamento. A ordem decrescente de densidade energética das farinhas assadas foi FQA (331,5kcal), FQGA (321,9kcal), seguida pela FQFA (315,1kcal).

As farinhas de quinoa que apresentaram o maior teor de fibras, sendo elas cruas ou assadas (FQGC, FQGFC, FQGFA e FQFA), foram

conseqüentemente às menos calóricas. Apesar de a FQGFC apresentar o mais elevado teor de lipídio entre as farinhas de quinoa cruas (9,1%), ela foi a segunda farinha crua menos calórica devido ao seu elevado teor de fibras alimentares (25,9%).

A FQGFC tornou-se a menos calórica após o assamento, isto ocorreu porque o seu teor lipídico foi diminuído em 4,4% e a sua fibra alimentar, que já era a mais elevada dentre as farinhas cruas (25,9%), foi incrementada em 3,8% após o processo de assamento. Esta seqüência de fatores também foi observada na FQFC, diminuição de 4,1% do teor de lipídios e aumento de 5% do teor de fibras alimentares, o que levou a FQFA a se tornar menos calórica que FQA e FQGA.

Desta forma é possível dizer que os processos de germinação, germinação associada à fermentação e ao assamento, promoveram redução de calorias nas farinhas de quinoa.

Estes resultados entram em desacordo com os de Oloyo (2004) que, após a realização de trabalho para avaliar a qualidade química e nutricional de sementes de guandú germinadas, constatou inúmeras mudanças no teor nutricional destas sementes, o que levou ao aumento acentuado do teor calorífico.

Torres et al. (2007) também germinaram sementes de guandú e encontraram aumento de 38,19kcal/100g em relação as sementes não germinadas.

5.3.2 Análise de fibra solúvel, fibra insolúvel e amido resistente

Para melhor avaliar as modificações químicas nas farinhas de quinoa provocadas pelos processamentos, foi realizada a quantificação de fibras

solúveis (FS), fibras insolúveis (FI), fibra total (FT) e amido resistente (AR) nessas e os resultados encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3 Valores médios de fibra solúvel, fibra insolúvel, amido resistente e percentual (%) de amido resistente em relação à fibra insolúvel nas farinhas de quinoa submetidas a diferentes formas de processamento

Tratamentos	Variáveis				
	Fibra Solúvel (%)	Fibra Insolúvel (%)	Fibra Total (%)	Amido Resistente (%)	% Amido Resistente na Fibra Insolúvel
FQC	10,8 ^b	8,2 ^e	19,0 ^d	6,15 ^a	74,08 ^e
FQGC	12,3 ^a	9,9 ^d	22,2 ^c	5,35 ^b	54,19 ^c
FQFC	9,5 ^b	10,4 ^d	19,9 ^d	6,03 ^a	61,02 ^d
FQGFC	10,5 ^b	15,3 ^b	25,9 ^b	4,73 ^c	30,93 ^b
FQA	12,1 ^a	6,2 ^f	18,2 ^d	4,39 ^c	71,84 ^e
FQGA	5,8 ^c	16,0 ^b	21,8 ^c	3,90 ^d	24,44 ^a
FQFA	12,2 ^a	12,7 ^c	24,9 ^b	3,62 ^d	29,33 ^b
FQGFA	12,4 ^a	17,3 ^a	29,7 ^a	4,23 ^c	25,05 ^a
%CV	8,0	6,7	4,5	9,27	3,89

FI = fibra insolúvel, FS = fibra solúvel. FQC: farinha de quinoa crua; FQGC: farinha de quinoa germinada crua; FQFC: farinha de quinoa fermentada crua; FQGFC: farinha de quinoa germinada, fermentada crua; FQA: farinha de quinoa assada; FQGA: farinha de quinoa germinada assada; FQFA: farinha de quinoa fermentada assada, FQGFA: farinha de quinoa germinada fermentada assada. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade

A fibra solúvel (FS) é composta por pectinas, beta-glicanas, gomas, mucilagens e algumas hemiceluloses. Elas são importantes para o retardo do esvaziamento gástrico e da absorção da glicose, além disso, reduzem o colesterol no soro sanguíneo (GUTKOSKI; ANTUNES; ROMAN, 1999), devido a estas funcionalidades é desejável que a FS esteja presente nos alimentos.

A farinha crua que apresentou o maior teor de FS foi a FQG (12,3%), resultado significativamente maior ($p \leq 0,05$) quando comparada a FQC (10,8%).

A FQC não apresentou diferença significativa nos teores de FS quando comparada a FQGFC (10,5%) e a FQFC (9,5%).

A menor concentração de FS entre as farinhas assadas foi observada na FQGA (5,8%) e a maior foi observada na FQGFA (12,4%) que não diferiu da FQFA (12,2%) e nem da FQA (12,1%).

Todas as farinhas tiveram incremento significativo ($p \leq 0,05$) de FS durante o assamento, exceto a FQGA, que teve redução de 6,5%. O tratamento que mais contribuiu para o aumento de FS nas farinhas de quinoa foi a germinação associada a fermentação e ao assamento.

Considerando as fibras insolúveis (FI), elas são benéficas ao organismo por apresentarem função de aceleração do trânsito intestinal e aumento do peso das fezes, fatores que contribuem para a redução dos riscos de doenças gastrointestinais (GUTKOSKI; ANTUNES; ROMAN, 1999).

A maior média de FI nas farinhas cruas foi encontrada na FQGF (15,3%) que foi significativamente ($p \leq 0,05$) maior que a da FQF (10,4%). A FQFC teve percentual sutilmente mais elevado que a FQGC (0,5%) e a diferença da concentração de FI na FQGC (9,9%) quando comparada a FQC (8,2%) foi estatisticamente significativa.

Com o processo de assamento todas as farinhas de quinoa apresentaram incremento significativo de FI, exceto a FQ, que apresentou redução significativa de 2%. O maior acréscimo de FI, decorrente do processo de assamento, foi na FQGA, ela apresentou incremento de 6,1% em relação a FQGC (9,9%), porém, a farinha que apresentou maior percentual de FI foi a FQGFA (17,3%).

Torres et al. (2007) quantificaram o percentual de FS e FI em sementes de guandú germinadas por 4 dias e perceberam aumento dos teores de FI (19,9%) e redução das concentrações de FS (12,1%), o que contradiz em partes

aos resultados do presente trabalho, que obteve incremento FI assim como de FS para FQG em relação a FQ.

Os resultados do trabalho realizado por Granito et al. (2002) também divergiram dos apresentados neste estudo. Granito et al. (2002) após fermentarem variedades diversificadas de feijões observaram uma redução significativa dos teores de FI. A justificativa destes autores para tal ocorrência foi que os microrganismos presentes na fermentação utilizaram a celulose como substrato. Apesar das FQF e FQGF terem apresentado aumento do teor de FI, ocorreu uma redução não significativa das FS, que é justificada pela lixiviação e também pelo consumo destas pelas bactérias fermentativas.

Considerando os amidos resistentes (AR), estes são cadeias de amido que resistem à hidrólise da enzima α -amilase pancreática, sendo considerados fibras alimentares insolúveis que não podem ser absorvidos no intestino delgado de indivíduos sadios (LAJOLO; MENEZES, 2006; SILVA-CRISTOBAL; OSORIO-DIAS, BELLO-PEREZ, 2007).

Todas as farinhas de quinoa processadas tiveram redução negativa da concentração de AR. O maior percentual de AR dentre as farinhas de quinoa processadas foi encontrado na FQFC (6,03%), que não apresentou diferença significativa em relação a FQC (6,5%). A maior perda de AR entre as farinhas cruas foi na FQGF, que apresentou perda de 1,42% de AR em relação a FQC.

As farinhas de quinoa assadas apresentaram diminuição dos teores de AR em relação as suas respectivas farinhas cruas e a FQFA foi a que apresentou maior perda deste elemento quando comparada a FQC e FQA.

A justificativa para este acontecimento pode estar ligada ao aumento da digestibilidade do amido das farinhas de quinoa após o assamento, uma vez que, em sua forma nativa os grânulos de amido são insolúveis em água fria, porém, solúveis em água quente. Após o cozimento, os grânulos incham o amido gelatiniza e há rompimento das ligações de hidrogênio da parede celular do

amido, de forma a torná-los acessíveis às enzimas digestivas (ETTINGER, 2005).

Era esperado aumento do teor de AR na FQGC, FQFA e na FQGFA. Este processo deveria ter ocorrido já que, na FQG ocorre consumo do amido solúvel para o metabolismo celular, conseqüentemente, o AR se concentra. Nas farinhas de quinoa fermentadas e assadas era esperado o aumento das concentrações de AR, de acordo com alguns autores, a presença de ácido láctico, ou acético, durante a cocção do alimento aumenta a retrogradação do amido, o que provoca aumento do conteúdo de AR (OSTMAN et al., 2002; SCAZZINA et al., 2009).

Pelo fato de não ter sido observado aumento de AR nas FQF e FQGF que pudesse se atribuído a ação dos ácidos orgânicos produzidos durante a fermentação, sugere-se não haver relação entre o conteúdo de AR e o processo de retrogradação para estas farinhas.

A diminuição das concentrações de AR nas farinhas de quinoa processadas foi indesejada, já que, a presença destes nos alimentos é importante pelo fato deles promoverem diversos benefícios a saúde como a redução da resposta glicêmica, insulinêmica e colesterolêmica, contribuírem para o aumento da saciedade, e ainda estarem relacionados com efeito protetor contra o câncer de cólon (SILVA-CRISTOBAL; OSORIO-DIAS, BELLO-PEREZ, 2007; TOVAR et al., 2006).

Conforme Tabela 3, o percentual de AR na fibra insolúvel foi maior para a FQC (74,08%) e menor para FQGFC (30,93%). A FQGFC realmente apresenta o menor teor de AR, mas esta relação foi ainda mais reduzida devido a grande concentração de fibra insolúvel na FQGFC. Sendo assim, o percentual de AR na fibra insolúvel foi subestimado para FQGFC e superestimado para FQC, já que esta última apresenta o menor percentual de FI.

Resultados contraditórios aos desse estudo foram relatados por diferentes autores. Torres et al. (2007) observaram aumento de 4,44% do teor de amido resistente em sementes de guandú germinadas durante 4 dias. Granito et al. (2002) fermentaram sementes de feijão durante 48 horas e também obtiveram aumento do AR ao nível de 11,11%.

O Gráfico 3 trás o percentual de AR comparado a FI.

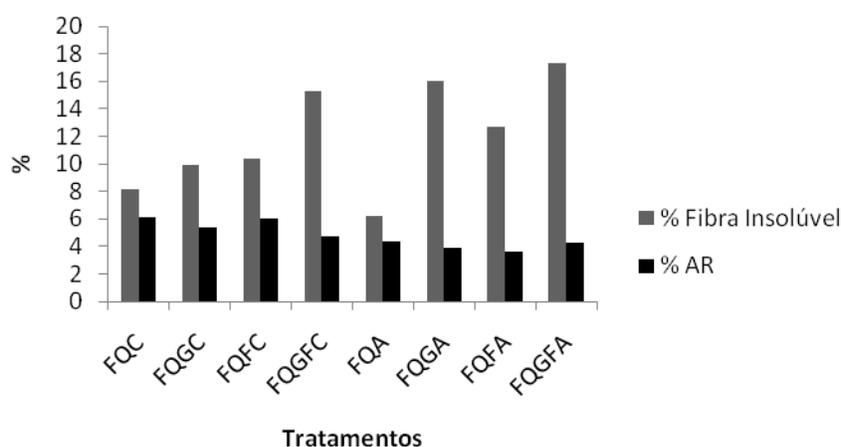


Gráfico 3 Caracterização da fibra insolúvel e do amido resistente em relação ao tipo de processamento aplicado nas farinhas de quinoa

Através do Gráfico 3 percebe-se que os processos de germinação, fermentação e assamento foram eficazes na elevação dos níveis de FI em todas as farinhas de quinoa processadas quando comparado ao teor de FI na FQC, desta forma fica evidente que o aumento do teor de FI não está relacionado com o aumento do teor de AR, já que, apesar de ocorrer aumento do teor de FI nas farinhas de quinoa após os processos de germinação, fermentação e assamento, em contra posição ocorreu redução da concentração de AR em todas elas quando comparadas a FQC.

5.3.3 Análise de amido total das farinhas de quinoa

O Gráfico 4 expõe as variações quantitativas do amido total da farinha de quinoa crua (FQC), farinha de quinoa germinada crua (FQGC), farinha de quinoa fermentada crua (FQFC), farinha de quinoa germinada/fermentada crua (FQGFC), farinha de quinoa assada (FQA), farinha de quinoa germinada assada (FQGA), farinha de quinoa fermentada assada (FQFA) e farinha de quinoa germinada/fermentada assada (FQGFA).

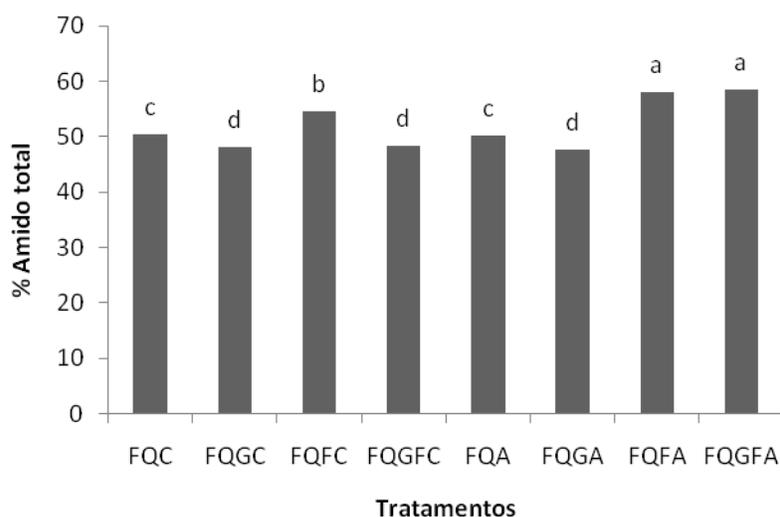


Gráfico 4 Percentual de amido total nas farinhas de quinoa processadas. Colunas com a mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade

O amido, principal constituinte das sementes de quinoa, pode sofrer alterações em sua concentração após os processos de germinação e fermentação dos alimentos (DANTAS, 2008; TOVAR et al., 2006).

Observando a Figura 5 foi possível perceber que o teor de amido na farinha de quinoa crua (FQC) foi 2,39% mais alto do que na farinha de quinoa

germinada crua (FQGC) e 2,09% mais alto do que na farinha de quinoa germinada fermentada crua (FQGFC). A média do teor de amido encontrado para FQC neste estudo (50,50%) está próxima ao valor do referenciado por Ahamed et al. (1996) e Vilche, Gely e Santalla (2003), que é de 54 a 64%. Contudo, este valor está abaixo do relatado para farinhas de alimentos convencionais, como a farinha de mandioca, que apresenta concentrações de amido de 77 a 78% (OYEWOLE; AFALOMI, 2001).

A degradação do amido na FQGC está relacionada com a mobilização de reservas das sementes para o processo de germinação, durante este processo o amido é transformado em compostos solúveis, açúcares simples, que são disponibilizados para o metabolismo celular. A α -amilase, responsável pela degradação do amido existente no endosperma dos grãos, é sintetizada em larga escala no final do processo de germinação, em geral, após a emergência da radícula (FELÍCIO et al., 2002). Esta afirmativa pode ser comprovada no presente estudo, que mostrou elevação de 3,78% do teor de açúcar na FQGC em relação à FQC.

A mesma condição descrita acima também foi observada em outros estudos. Miranda (2006) germinou sementes de trigo e observou redução do teor de amido e aumento dos teores de açúcares livres concomitante com o aumento da atividade da α -amilase. Torres et al. (2007) germinaram sementes de guandú e observaram que o amido total reduziu 1,4%.

O processo de fermentação da farinha de quinoa neste estudo provocou aumento de 4,1% do conteúdo final de amido total na FQFC em relação a FQC.

Contrariamente ao presente estudo, Granito et al. (2002) observaram redução do percentual de amido total de sementes de feijões após fermentação de 48 horas. Eles constataram que o amido foi utilizado durante o processo como fonte de energia por microrganismos fermentáveis. Os microrganismos fermentativos presentes naturalmente nas sementes de feijões são caracterizados

por promoverem forte redução do pH do meio e por apresentarem função α -amilolítica, portanto, elas podem hidrolisar o amido em maltose e usar a última como uma fonte de energia. O percentual de amido total dos feijões fermentados por Granito et al. (2002) reduziu em 4,83%.

O assamento não alterou significativamente o percentual de amido total das FQ e FQGC, porém, houve aumento importante deste nutriente na FQFA assada em relação a FQFC (3,41%) e na FQGFA em relação a FQGFC (10,11%). Acredita-se que o método utilizado para análise de amido total, Somogy adaptado por Nelson (1944), possa ter arrastado além do amido, frações de fibras insolúveis que superestimaram os resultados. Por não ser um método enzimático, é possível que os reagentes utilizados na extração não tenham sido eficientes no discernimento do percentual de amido total em relação às fibras alimentares insolúveis.

5.3.4 Análise de açúcares totais, glicose e frutose nas farinhas de quinoa

No Gráfico 5 é possível observar os efeitos do processo de germinação, fermentação e assamento sobre os percentuais de açúcares totais, glicose e frutose das farinhas de quinoa.

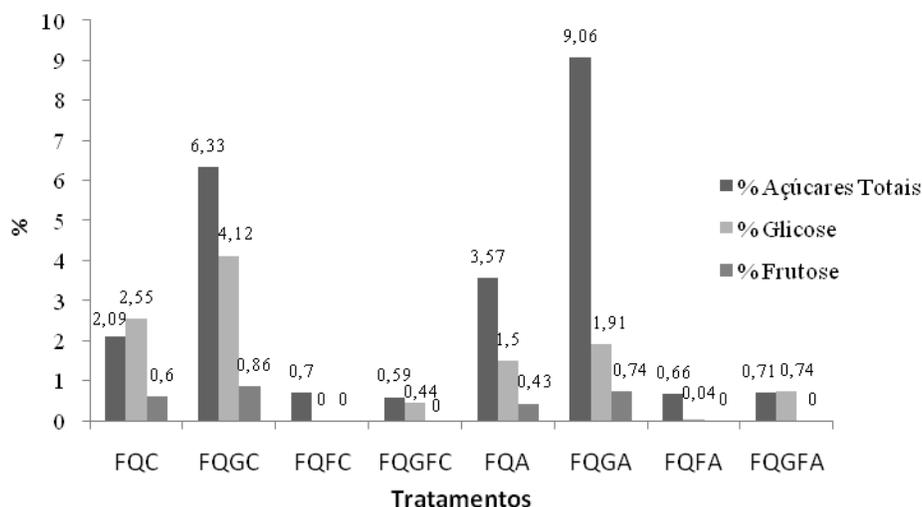


Gráfico 5 Concentrações de açúcares totais, glicose e frutose nas farinhas de quinoa processadas

Após mensurar os teores de açúcares totais das farinhas de quinoa processadas foi possível perceber que a farinha de quinoa crua (FQC) foi a que apresentou o segundo maior teor de açúcares totais e, conseqüentemente, também o de glicose (2,55%) e frutose (0,6%). Contudo, estes resultados foram bastante inferiores aos encontrados por González et al. (1989), eles observaram teores 4,55% e 2,41%, respectivamente, de glicose e frutose em quinoa peruana. Essas disparidades estar relacionadas com as diferenças das variedades utilizadas no presente estudo e no estudo de González et al. (1989).

Apesar de não ter sido encontrado valores muito elevados de açúcares na FQC, o percentual encontrado foi considerado importante já que, cereais tradicionais, a exemplo do trigo, apresentam cerca de 1 a 2% de carboidratos fermentáveis, sendo que a glicose representa 0,01% e a frutose 0,02%, o restante está subdividido em rafinose, maltose, sacarose (RACCACH et al., 2004).

A farinha de quinoa germinada (FQG) foi a que apresentou maior percentual de açúcares totais, tanto na forma crua (6,33%), quanto na assada

(9,06%). O processo de germinação favoreceu um incremento de 4,24% de açúcar na FQGC em relação à FQC.

A glicose e frutose são monossacarídeos, açúcares simples, que são liberados após a quebra das ligações glicosídicas de moléculas maiores (a exemplo do amido), ou podem estar presentes naturalmente na natureza. Os teores desses monossacarídeos, glicose e frutose, também se apresentaram em maior quantidade na FQGC (4,12 e 0,86%) em relação à FQC (2,55 e 0,6%).

O aumento da concentração de açúcares na FQGC em relação à FQC provavelmente é decorrente da ativação de enzimas hidrolíticas que promovem a mobilização de reservas. Elas agem inicialmente quebrando os carboidratos complexos e transformando-os em simples, promovendo assim um aumento das concentrações de açúcares como a sacarose, glicose e frutose (OLOYO, 2004; DANTAS et al., 2008).

O processo de germinação é capaz de aumentar várias vezes os teores de açúcares no alimento. Torres et al. (2007) observaram que o monossacarídeo glicose, que não foi detectado na semente de guandú em seu estado bruto, estava presente em farinha de guandu germinada em quantidade elevada (4,66%) e que a glicose e a frutose tiveram incremento de 1,27% e 1,5%, respectivamente, o aumento final dos açúcares totais foi de 13,16%.

O percentual final de aumento de açúcares nas sementes de guandú no estudo de Torres et al. (2007) foi bastante superior ao encontrado nesse estudo e esta diferença pode estar relacionada com a variação do tempo de germinação das sementes de quinoa, 1,5 dias contra 4 dias de germinação das sementes de guandú.

O incremento de carboidrato simples nos alimentos pode ser visto como positivo ou negativo, isto irá depender da aplicação. A ingestão de alimento rico em carboidratos simples seria indicada durante uma atividade física intensa. Nesta situação a demanda metabólica de carboidrato é elevada e a ingestão deste

tipo de alimento assegura parte desta demanda com disponibilização mais imediata da glicose, que ajuda no processo de oxidação, evitando assim a fadiga muscular (PASCHOAL, 1998).

Por outro lado, o consumo exacerbado de alimentos ricos em carboidratos simples, que promovem rápida disponibilização de glicose para o corpo, pode promover a diabetes tipo 2, dislipidemias, problemas cardiovasculares, por esse motivo a FAO/OMS recomenda a ingestão de alimentos que contenham carboidratos lentamente digeríveis (FAO, 1998; OSTMAN; ELMSTAHL; BJORCK, 2001).

Ao contrário do processo de germinação, a fermentação foi eficiente em reduzir os teores de açúcares. A farinha de quinoa fermentada crua (FQFC) teve uma redução de 1,39% de açúcares totais em relação à FQC, e de 5,63% em relação a FQGC. A farinha de quinoa germinada/fermentada crua (FQGFC) teve esses valores ainda mais reduzidos, 1,95% para FQC e 5,74% para FQGC. Não foram detectadas glicose e frutose na FQFC e na FQGFC foi observado apenas 0,44% de frutose, 0,42% a menos em relação ao teor de frutose da FQGC.

A diminuição dos teores de açúcares em farinhas fermentadas ocorre devido à metabolização destes pelas bactérias fermentativas presentes nas farinhas, os açúcares são as substâncias preferencialmente oxidadas pelos microrganismos (NOUT, 2009).

Este efeito de diminuição dos açúcares em farinhas fermentadas também foi observado por Granito et al. (2002) que fermentaram sementes de feijão e obtiveram uma redução de 0,006% da glicose e 0,08% da frutose, e por Oyewole e Afolomi (2001) que fermentaram 4 variedades de mandioca e perceberam que o consumo foi de quase 100% dos açúcares disponíveis nas farinhas após o processo de fermentação.

O processo de germinação associado a fermentação foi a mais eficaz na diminuição das concentrações de açúcares da farinha de quinoa isso porque, o

processo de germinação propiciou a quebra de carboidratos complexos, transformando-os em açúcares simples e disponibilizando ainda mais substrato para fermentação. Como consequência do consumo dos açúcares pelos microrganismos fermentativos o produto pode ter seu índice glicêmico diminuído.

5.3.5 Análise de pH, acidez titulável e sólidos solúveis

Para avaliar modificações ocorridas nas farinhas de quinoa fermentadas em relação às farinhas de quinoa não fermentadas, foram realizadas análise de pH, acidez titulável e SST em todas elas e os resultados encontram-se dispostos na Tabela 4.

Tabela 4 Valores médios de pH, acidez (%) e sólidos solúveis (%) das farinhas de quinoa

Tratamentos	pH	AT (% ácido oxálico e láctico)	SST(%)
*FQC	5,07 ^d	0,83 ^b	12,42 ^e
*FQGC	5,90 ^b	0,87 ^b	24,18 ^a
FQFC	4,62 ^e	4,02 ^a	10,03 ^f
FQGFC	4,58 ^e	3,87 ^a	13,91 ^d
*FQA	5,37 ^c	1,66 ^b	14,57 ^c
*FQGA	6,02 ^a	0,83 ^b	18,55 ^b
FQFA	4,21 ^g	3,69 ^a	13,74 ^d
FQGFA	4,49 ^f	3,99 ^a	15,40 ^c
CV%	0,72	4,04	3,78

AT = acidez titulável, SST = sólidos solúveis totais. *Cálculo de acidez titulável feito com referência no ácido oxálico, as demais farinhas tiveram cálculo baseado no ácido láctico. FQC = FQC: farinha de quinoa crua; FQGC: farinha de quinoa germinada crua; FQFC: farinha de quinoa fermentada crua; FQGFC: farinha de quinoa germinada, fermentada crua; FQA: farinha de quinoa assada; FQGA: farinha de quinoa germinada assada; FQFA: farinha de quinoa fermentada assada, FQGFA: farinha de quinoa germinada fermentada assada. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância

O pH das FQFC (4,62) e FQGFC (4,58) foram significativamente mais baixos ($p \leq 0,005$) que o das FQC (5,07) e FQGC (5,90) mas as duas primeiras não diferiram entre si com relação ao pH. A redução do pH é consequência da acidificação do meio promovida pelos ácidos orgânicos derivados do metabolismo dos microrganismos fermentativos (OYEWOLE; AFALOMI, 2001). A acidez mais elevada das farinhas fermentadas em relação as não fermentadas pode ser comprovada pela diferença significativa do percentual de acidez titulável total (%ATT) na FQFC (4,02) e FQGFC (3,87) em relação a FQA (0,83) e FQGA (0,87).

A redução significativa do percentual de SST nas farinhas fermentadas também comprova a ocorrência do processo fermentativo, ela indica que houve consumo dos compostos solúveis pelos microrganismos (BEZERRA, 2000). Foi observado redução de 2,39% de SST na FQFC em relação a FQC e de 10,27% na FQGFC em relação a FQGC.

Outros autores, que trabalharam com fermentação diversificando tipo alimento, tempo e temperatura, observaram em seus estudos as mesmas variações físico-químicas ocorridas neste trabalho, independentemente das variáveis.

Goyal e Nhetarpauz (1994) ao fermentarem farinha de soja desengordurada, variando a temperatura em 25, 30 e 35°C, e tempo em 12, 18 e 24 horas, verificaram que houve redução do pH e aumento da acidez titulável da água de fermentação da farinha em todas as situações, sendo a queda máxima do pH e aumento da acidez titulável observado a 35°C por 24 horas.

Ascheri e Vilela (1995) fermentaram polvilho de mandioca em escala industrial durante 65 dias e perceberam que o pH inicial de 6,7 da água de fermentação atingiu o mínimo, pH 3,9, no 65º dia.

Oyewole e Afolomi (2001) trabalharam com 4 amostras de mandioca, 2 variedades diferentes originadas de 2 regiões distintas. A média inicial do pH da

água de fermentação das farinhas de mandioca foi de 7,03 e ao final das 96 horas de fermentação reduziu para 3,93, ligeiramente mais baixo do que na FQFC e FQGFC.

As alterações das farinhas assadas ocorreram de forma análoga às farinhas cruas, porém, o processo de assamento promoveu uma redução importante do pH e elevação do % ATT ao nível de 5% de significância.

O processo de fermentação é caracterizado por um aumento na produção de ácidos, que é comprovado com o aumento do %ATT e redução dos íons de hidrogênio (pH) e dos SST, que representa os açúcares. Os ácidos produzidos durante a fermentação são atribuídos as atividades das bactérias ácido lácticas sobre os açúcares (OYEWOLE; AFALOMI, 2001).

Foram encontrados diversos trabalhos caracterizando farinhas fermentadas, principalmente de mandioca, estes autores tiveram a preocupação de avaliar as diferenças físico-químicas existentes entre as farinhas fermentadas submetidas as mais diversas variações, mas nenhum deles avaliou os efeitos da cocção sob as características físico-químicas destas farinhas. Alguns autores chegaram até mesmo a submeter às farinhas fermentadas ao processamento térmico durante para o preparo de pastas para avaliação sensorial, mas nenhum realizou as análises físico-químicas destas (OYEWOLE; AFALOMI, 2001; TANYA et al., 2006).

5.3.6 Ácidos orgânicos

A Tabela 5 apresenta os resultados relativos à mensuração dos ácidos orgânicos das farinhas de quinoa processadas seguida pelo percentual do coeficiente de variação (CV), tendo sido as análises realizadas por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE).

Tabela 5 Média do percentual dos ácidos orgânicos (\pm %CV) presentes nas farinhas de quinoa submetidas a diferentes formas de processamento

Tratamento	(%) Ácido			
	Lático	Acético	Propiônico	Oxálico
FQC	0,31 \pm 6,52	nd	nd	0,37 \pm 3,34
FQGC	Nd	0,20 \pm 5,94	nd	0,19 \pm 23,03
FQFC	2,40 \pm 14,53	0,34 \pm 17,60	0,19 \pm 6,55	0,44 \pm 0,47
FQGFC	2,96 \pm 5,42	0,51 \pm 9,67	0,21 \pm 1,17	0,45 \pm 4,81
FQA	Nd	nd	nd	0,15 \pm 1,36
FQGA	Nd	nd	nd	0,30 \pm 14,18
FQFA	3,55 \pm 9,24	nd	nd	nd
FQGFA	3,46 \pm 2,40	nd	nd	nd

O Ácido butírico e cítrico não foram detectados em nenhuma das amostras. nd= não detectado

As farinhas não fermentadas (FQC, FQA, FQGC, FQGA), tiveram como principais representantes dos ácidos orgânicos o ácido oxálico, seguido pelo ácido acético, porém, o ácido acético foi detectado somente nessas farinhas de quinoa não fermentadas no estado cru.

Ácido lático foi detectado na FQC e em todas as farinhas fermentadas, mas as maiores concentrações estiveram presentes nas farinhas fermentadas.

Apesar do processo de fermentação ter sido natural já se esperava que o principal ácido orgânico presente nas farinhas fermentadas de quinoa fosse o ácido lático. Autores fizeram a caracterização microbiológica desta semente e mostraram que as principais bactérias presentes foram as *Lactobacillus paralimentarius* e *Lactobacillus plantarum*, bactérias lácticas que produzem principalmente o ácido lático como metabólito do processo de fermentação, contudo, além do ácido lático são produzidos ácido acético, butírico e propiônico (VOGELMANN et al., 2009).

Ácido propiônico foi encontrado somente nas farinhas fermentadas cruas (FQFC e FQGFC) nas farinhas fermentadas assadas (FQFA e FQGFA) este

composto não foi detectado, provavelmente o que ocorreu foi uma volatilização deste elemento durante o assamento, assim como ocorreu com o ácido acético.

As sementes de quinoa apresentaram o ácido orgânico oxálico como presente naturalmente em sua constituição, porém, os processos de germinação, fermentação e assamento provocaram alterações no percentual de ácido oxálico das farinhas de quinoa processadas.

6 CONCLUSÕES

A germinação das sementes de quinoa seguida de fermentação provocou redução de glicídios e aumento dos lipídios e o assamento diminuiu significativamente o teor de lipídios de toas as farinhas de quinoa.

A germinação das sementes de quinoa elevou o teor de açúcares na farinha de quinoa germinada e estes foram consumidos por microrganismos fermentativos durante a fermentação desta farinha.

O processos de germinação e fermentação não elevaram o teor de amido resistente (AR) nas farinhas de quinoa cruas e o assamento reduziu os níveis de AR em todas as farinhas de quinoa assadas, porém, estes processos elevaram consideravelmente o teor de fibras alimentares nestas farinhas, além de reduzir as calorias destas.

Foi possível evidenciar neste estudo que as farinhas de quinoa submetidas aos processos de germinação, fermentação ou assamento, sofreram alterações importantes na composição química e que cada processo provocou modificações diversificadas.

REFERÊNCIAS

AHAMED, N. T. et al. A lesser-known grain, *Chenopodium quinoa*: Review of the chemical composition of its edible parts. **Carbohydrates Polymers**, Göttingem, v. 31, n. 8, p. 99-103, Sept. 1997.

AKUBOR, P. I.; CHUKWU, J. K. Proximate composition and selected functional properties of fermented and unfermented African oil bean (*Pentaclethra macrophylla*) seed flour. **Plant foods for human nutrition**, Dordrecht, v. 54, p. 227-238, Aug. 1999.

ASCHERI, D. P. R.; VILELA, E. R. Alterações do polvilho de mandioca pela fermentação no fabrico de biscoitos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 2, p. 269-279, 1995.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. Virginia, 2000. 1141 p.

_____. _____. Washington, 1990. 1140 p.

_____. _____. Washington, 1992. 1141 p.

AVANCINI, S. R. P. **Caracterização química, microbiológica e toxicológica da água da fermentação do amido de mandioca**. 2007. 104 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

BARAMPAMA, Z.; SIMARD, R. E. Effects of soaking, cooking and fermentation on composition, in vitro starch digestibility and nutritive value of common beans. **Plant Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, v. 48, n. 3, p. 349-365, Sept. 1995.

BEZERRA, V. S. **Alterações na composição química e cocção de raízes de mandioca (*Nanipot esculento Crantz*) minimamente processadas**. 2000. 92 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365 p.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2. ed. Campinas: UNICAMP, 2003. 208 p.

CEREDA, M. P. Padronização para ensaios de qualidade da fécula de mandioca fermentada, polvilho azedo: I., formulação e preparo de biscoitos. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 17, n. 3, p. 287-295, 1983.

CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. Metodologia para divulgação de tecnologia para agroindústrias rurais: exemplo do processamento de farinha de mandioca no Maranhão. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, Taubaté, v. 6, n. 2, p. 219-250, jul./ago. 2010.

DANTAS, B. F. et al. Alterações bioquímicas durante a embebição de sementes de baruaína (*Schinopsis brasiliensis* Engl.). **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 30, n. 2, 2008.

DISCHE, Z. General color reactions. In: WHISTLER, R. L.; WOLFRAN, M. L. (Ed.). **Carbohydrates chemistry**. New York: Academic, 1962. v. 1, p. 477-512.

ETTINGER, S. Macronutrientes: carboidratos, proteínas e lipídeos. In: MAHAN, L. K.; ESCOTT-STUMP, S. (Ed.). **Alimentos, nutrição e dietoterapia**. 11. ed. São Paulo: Rocca, 2005. p. 31-64.

FELÍCIO, J. C. et al. Rendimento e processo germinativo do grão de espiga de genótipos de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n.3, p. 289-294, 2002.

FILISSETTI, T. M. C. C. Fibra alimentar: definição e métodos analíticos. In: LAJOLO, F. M.; MENEZES, E. W. (Ed.). **Carboidratos en alimentos regionales Iberoamericanos**. São Paulo: USP, 2006. p. 255-286.

FERREIRA, D. F. Sisvar: Um programa para análise e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v. 6, n. 4, p. 36-41, 2008.

GIAMIE, S. T.; BEKEBAIN, D. A. Proximate composition and functional properties of Raw and process ful fat fluted pumpkim (*Telfairia occidentalis*) seed flour. **Journal of the Science of Food Agriculture**, Oxford, v. 59, n. 4, p. 321-325, Feb. 1992.

GOÑI, I. et al. Analysis of resistant starch: a method for foods and food products. **Food Chemistry**, London, v. 56, n. 9, p. 445-449, Dez. 1996.

GONZÁLES, J.A. et al. Quantitative determinations of chemical compounds with nutritional value from Inca crops: *Chenopodium quinoa* (quinoa). **Plant Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, v. 39, n. 3, p. 331-337, 1989.

GOYAL, R.; KHETERPAUL, N. Preparation and fermentation of rice-defatted soy flour blends: Effect on protein, fat and ash content. **Plant Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, v. 56, n. 7, p. 81-89, Mar. 1994.

GRANITO, M. et al. Nutritional improvement of beans (*Phaseolus vulgaris*) by natural fermentation. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 214, n. 8, p. 226-231, Jan. 2002.

GUTKOSKI, L. C.; ANTUNES, E.; ROMAN, I. T. Avaliação do grau de extração de farinhas de trigo e de milho em moinho tipo colonial. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 17, n. 2, p. 153-166, 1999.

HSU, T. F. et al. Effects of pré-germinated brown rice on blood glucose and lipid levels in free-living patients with impaired fasting glucose or type 2 diabetes. **Journal of Nutritional Science and Vitaminology**, Tokyo, v. 54, n. 3, p. 163-168, Apr. 2008.

ISHIMOTO, E. Y. **Efeito hipolipemiante e antioxidante de subprodutos da uva em hamsters**. 2008. 195 p. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

KINGAMKONO, R. et al. The pH and acidity in lactic-fermenting cereal gruels: effects on viability of enteropathogenic microorganism. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, Barking, v. 10, n. 3, p. 664-699, 1994.

LAJOLO, F. M.; MENEZES, E. W. **Carboidratos en alimentos regionales Iberoamericanos**. São Paulo: USP, 2006. 645 p.

MACHADO, A. L. L. et al. Avaliação de componentes químicos em brotos de fabaceae para o consumo humano. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 4, p. 1071-1078, July 2009.

MARCILI, R. et al. Fracionamento do grão de *Amaranthus cruentus* brasileiro por moagem e suas características composicionais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 3, p. 511-516, Mar. 2003.

MARIUTTI, L. R. B.; BRAGAGNOLO, N. A oxidação lipídica em carne de frango e o impacto da adição de sálvia (*Salvia officinalis*, L.) e de alho (*Allium sativum*, L.) como antioxidantes naturais. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 68, n.1, p. 1-11, Abr. 2009.

MIRANDA, M. Z. **Trigo**: germinação e posterior extrusão para obtenção de farinha integral extrusada de trigo germinado. Passo Fundo: EMBRAPA Trigo, 2006. 12 p.

NELSON, N. A. A photometric adaptation of Somogy methodo for the determination of glucose. **Journal Biological Chemistry**, Baltimore, v. 63, n. 5, p. 135-375, Oct. 1944.

NOUT, M. J. R. Rich nutrition from the poorest – Cereal fermentations in Africa and Asia. **Food Microbiology**, London, v. 26, n. 1, p. 685–692, Mar. 2009.

OLOYO, R.A. Chemical and nutritional quality changes in germinating seeds of *Cajanus cajan* L. **Food Chemistry**, London, v.85, n. 2, p. 497–502, Dez. 2004.

OSTMAN, M. E. et al. On the effect of lactic acid on blood glucose and insulin responses to cereal products: mechanistic studies in healthy subjects and In vitro. **Journal of Cereal Science**, London, v. 36, n. 2, p. 339-346, Apr. 2002.

OYEWOLE, O. B.; AFOLAMI, O. A. Quality and preference of different cassava varieties for “lafun” production. **Journal of Food Technology in África**, Durban, v. 6, n. 1, Feb. 2001.

RACCACH, M. et al. Natural fermentation of wheat flours. **Food Control**, Guildford, v. 15, n. 7, p. 191-195, July 2004.

RUALES, J.; NAIR, B. M. Content of fat, vitamins and minerals in quinoa (*Chenopodium quinoa*), seeds. **Food Chemistry**, London, v. 48, n. 2, p. 131-136, May 1993.

SANGRONIS, E.; MACHADO, C. J. R. Influence of germination on the nutritional quality of *Phaseolus vulgaris* and *Cajanus cajan*. **Food Science and Technology**, Trivandrum, v. 40, n. 3, p. 116-120, May 2007.

SCAZZINA, F. et al. Sourdough bread: starch digestibility and postprandial glycemic response. **Journal of Cereal Science**, London, v. 49, n. 11, p. 419–421, Aug. 2009.

SCHABES, F. I.; SIGSTAD, E. E. Calorimetric studies of quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) seed germination under saline stress conditions. **Thermochemica Acta**, Amsterdam, v. 428, n. 8, p. 71–75, Dec. 2004.

SEKI, T. et al. Insoluble fiber is a major constituent responsible for lowering the post-prandial blood glucose Concentration in the pre-germinated brown rice. **Biological & Pharmaceutical Bulletin**, Tokyo, v. 28, n. 8, p. 1539-1541, Oct. 2005.

SILVA-CRISTOBAL, L.; OSORIO-DÍAZ, P.; BELLO-PÉREZ, L. A. Digestibilidad del almidón en haba (*Vicia faba L.*). **Agrociencia**, Montevideo, v. 41, n. 9, p. 845-852, Sept. 2007.

TANYA, A.N. et al. Physicochemical and sensory analysis of fermented flour “kumkum” from three improved and one local cassava varieties in the adamawa province of cameroon. **Pakistan Journal of Nutrition**, Punjab, n. 5, v. 4, p. 355-358, Juny 2006.

THONGCHUL, N.; NAVANKASATTUSAS, S.; YANG, S.T. Production of lactic acid and ethanol by *Rhizopus oryzae* integrated with cassava pulp hydrolysis. **Bioprocess and Biosystems Engineering**, Easton, v. 33, n. 3, p. 407-4016, Jan. 2009.

TORRES, A. et al. Germinated *Cajanus cajan* seeds as ingredients in pasta products: Chemical, biological and sensory evaluation. **Food Chemistry**, London, v. 101, n.5, p. 202–211, Out. 2007.

TOVAR, J. et al. Almidón resistente: caracterización y análisis. In: LAJOLO, F. M.; MENEZES, E. W. (Ed.). **Carbohidratos en alimentos regionales Iberoamericanos**. São Paulo: USP, 2006. p. 63-88.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - UNICAMP. **Tabela brasileira de composição de alimentos**. 2. ed. Campinas, 2006. 113 p.

VILCHE, C.; GELY, M.; SANTALLA, E. Physical properties of quinoa seeds. **Biosystems Engineering**, London, v. 86, n.1, p. 59-65, Aug. 2003.

VOGELMAN, S.A. et al. Adaptability of lactic acid bacteria and yeasts to sourdoughs prepared from cereals, pseudo cereals and cassava and use competitive strains as starters. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 130, n. 1, p. 205-2112, Abr. 2009.

WAHLI, C. **Quinoa**: hacia su cultivo comercial. Quito: Latinreco, 1990. 206 p.

CAPÍTULO 3

Influência do consumo de farinhas de quinoa (*Chenopodium quinoa*) processadas nos níveis glicêmicos e lipídêmicos de ratos wistar

RESUMO

Processamentos industriais ou domésticos podem provocar alterações na constituição nutricional de alimentos, podendo estas alterações serem desejáveis ou não. Sendo assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar em ratos wistar os efeitos glicêmicos e lipídêmicos de farinhas de quinoa processadas de diferentes formas. Os efeitos foram determinados em 36 ratos machos, divididos em 6 grupos, que ingeriram dieta experimental elaborada com base na AIN-93M, padrão (dieta A), dieta padrão com 31,5% de glicose em detrimento do amido (dieta B), dieta com 31,5% de glicose mais 15% de farinha de quinoa assada (FQA, dieta C), dieta com 31,5% de glicose mais 15% de farinha de quinoa germinada assada (FQGA, dieta D), dieta com 31,5% de glicose mais 15% de farinha de quinoa fermentada assada (FQFA, dieta E) e dieta com 31,5% de glicose mais 15% de farinha de quinoa germinada/fermentada e assada (FQGFA, dieta F). Os resultados dos exames bioquímicos dos grupos de animais alimentados com dietas contendo farinhas de quinoa processadas (dietas C, D, E e F) indicou que todas elas foram eficientes na redução do colesterol total, LDL-c, VLDL-c, triacilgliceróis e hemoglobina glicada, quando comparados com os resultados das análises sanguíneas dos animais que ingeriram a dieta A ou a dieta B. A dieta B reduziu significativamente a HDL-c dos animais do grupo 2, mas os grupos 3,4,5 e 6, que ingeriram as dietas C,D,E e F, respectivamente, não apresentaram redução do nível de HDL-c em relação ao grupo 1 (que ingeriu dieta padrão), demonstrando o efeito protetor das farinhas de quinoa contra os efeitos deletérios do excesso de glicose contido nestas dietas. O menor consumo médio diário (CMD) de dieta experimental foi apresentado pelos grupos 4 e 6. O maior ganho médio de peso diário (GMD) e melhor coeficiente de eficácia alimentar foi apresentado pelo grupo 2. Houve efeito positivo de redução do tecido adiposo epididimário dos grupos de animais alimentados com as dietas C, D, E e F. De modo geral, todas as dietas que continham farinha de quinoa processada provocaram efeitos bioquímicos e fisiológicos benéficos nos animais, porém, a dieta F, que continha 15% de FQGFA, foi mais eficaz na preservação ou melhora dos níveis glicêmicos e lipídêmicos dos animais,

mostrando que a FQGFA apresentou características nutricionais positivas diferenciadas das demais farinhas de quinoa avaliadas.

Palavras-chave: Índice glicêmico. Glicemia. Lipidemia. Tecido adiposo epididimário.

ABSTRACT

Industrial or domestic processes can cause changes in the nutritional composition of foods, these changes being desirable or not. Thus, this study aimed to evaluate the effects on glucose and lipid levels in Wistar rats blood, induced by quinoa flour intake processed in different ways. The effects were determined in 36 male rats, which were divided into 6 groups and submitted to an experimental diet based on AIN-93M, standard (diet A), standard diet with 31.5% glucose content instead of starch (diet B), diet with 31.5% glucose content plus 15% of quinoa flour baked (QFB, diet C), diet with 31.5% glucose plus 15% of germinated quinoa flour baked (GQFB, diet D), diet with 31.5% glucose plus 15% of fermented quinoa flour baked (FQFB, diet E) and diet with 31.5% glucose plus 15% of germinated / fermented quinoa flour baked (GFQFB, diet F). The results of biochemical tests for the groups of animals fed with diets containing processed quinoa flour (diets C, D, E and F) indicated that all were effective in reducing total cholesterol, LDL-C, VLDL-c, triacylglycerol and glycated hemoglobin compared to the results of blood tests of animals that were submitted to the diet A or diet B. Diet B significantly reduced the HDL-C of group 2, but the groups 3,4,5 and 6, which had diets C, D, E and F respectively, showed no reduction in the level of HDL-C in comparison to group 1 (which had a standard diet), demonstrating the protective effect of quinoa flour against the deleterious effects of glucose excess contained in these diets. The lowest average daily intake (ADI) of experimental diet was presented by group 4 and 6. The highest average daily weight gain (ADG) and better food efficiency ratio was presented by group 2. There was a positive effect of reducing the epididymal adipose tissue from groups of animals fed with diets C, D, E and F. In general, all diets containing processed quinoa flour caused benefic physiological and biochemical effects in animals, however, the diet F, which contained 15% GFQFB was more effective in the preservation or improvement of glucose and lipid levels of animals, showing that GFQFB presented positive nutritional features differentiated from the other quinoa flours evaluated.

Keywords: Glycemic index. Glycemia. Lipidemia. Epididymal adipose tissue.

1 INTRODUÇÃO

O interesse do consumidor em alimentos específicos que possuam um papel na manutenção da saúde tem crescido nos últimos anos e considerando que a maior parte da energia da dieta da maioria das pessoas é advinda do amido, principal constituinte dos cereais, as propriedades nutricionais e de saúde do amido, assim como a oportunidade de complementar ou substituir completamente os cereais comuns (milho, arroz e trigo) por pseudocereais de alto valor nutricional, como quinoa, é benéfica para os consumidores, produtores e indústrias alimentícias (BRADY et al., 2007).

A Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) e a Organização Mundial da Saúde (OMS) recomendam que se dê preferência ao consumo de alimentos que possuem carboidratos de digestão lenta, que sejam de baixo índice glicêmico, ou seja, que promovam a lenta liberação de glicose para a corrente sanguínea (FAO; OMS, 1998).

Os efeitos dos alimentos de baixo IG estão relacionados com a baixa velocidade de digestão e absorção do amido, que varia com as propriedades químicas e estruturais do grânulo que pode sofrer modificações devido ao processamento, tempo de armazenamento dos alimentos e adição de outros nutrientes como fibras, lipídios, proteínas (ABDEL-AAL; RABALSK, 2008).

Entre as funções fisiológicas benéficas desses alimentos de baixo IG estão incluídas a redução das respostas glicêmicas e insulinêmicas, produção de respostas hipocolesterolêmicas e de proteção contra o câncer de cólon.

Alimentos submetidos a processamentos como germinação e fermentação vêm apresentando efeitos hipoglicemiantes em humanos e animais e os prováveis mecanismos são a redução das concentrações de carboidratos solúveis, aumento do teor de fibras alimentares e aumento do conteúdo de AR

(HSU et al., 2008; OSTMAN; ELMSTAHL; BJORCK, 2001; SCAZZINA et al., 2009).

A quinoa, pseudocereal isento de glúten, tem a maior parte dos seus carboidratos representados por amido (54 a 64% do peso na matéria seca), porém, poucos relatos têm lidado com a influência de sementes de quinoa no metabolismo glicêmico e lipidêmico, apesar de diversos estudos mostrarem tais efeitos com outros pseudocereais, a exemplo do amaranto e trigo sarraceno, no controle de dislipidemias (PAS'KO et al., 2010).

O presente estudo sugere que a quinoa possua importantes ações funcionais de controle dos parâmetros glicêmicos e lipidêmicos e alguns processamentos físicos da quinoa, a exemplo da germinação e fermentação, podem contribuir de forma favorável no aumento de tais benefícios.

Desta forma, o objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos da farinha de quinoa assada (FQA), farinha de quinoa germinada assada (FQGA), farinha de quinoa fermentada assada (FQFA) e farinha de quinoa germinada/fermentada assada (FQGFA), em dietas com alto teor de glicose, nos níveis glicêmicos e lipidêmicos de ratos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Elaboração das farinhas de quinoa

A farinha de quinoa (*Chenopodium quinoa*) assada (FQA), farinha de quinoa germinada assada (FQGA), farinha de quinoa fermentada assada (FQFA) e farinha de quinoa germinada/fermentada assada (FQGFA) foram elaboradas no Laboratório de Bioquímica Nutricional (LBN) do Departamento de Ciência dos Alimentos (DCA) da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

Para elaboração das farinhas foram utilizadas sementes de quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) safra de setembro de 2009, cultivadas em Brasília e gentilmente cedidas pelo prof. Dr. Carlos Sphear, da Universidade Federal de Brasília (UnB). Estas sementes foram encaminhadas ao Laboratório de Bioquímica Nutricional (LBN) do Departamento de Ciência dos Alimentos (DCA) da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

Após retirar as sujidades das sementes de quinoa pelo processo de catação elas foram lavadas em água corrente potável, sendo uma porção seca em estufa com circulação de ar forçada à 35°C por 72 horas, o restante reservado para germinação. As sementes que secaram em estufa durante 72 horas foram submetidas a moagem em moinho de facas até ficarem com aspecto de farinha, obtendo-se assim a farinha de quinoa.

A porção de sementes de quinoa reservada para germinação foi envolvida em papéis substrato umedecidos com água destilada, na proporção 2,5 vezes a sua massa inicial. Os papéis substrato com as sementes de quinoa foram mantidos em germinador por 36 horas (1,5 dia) de acordo com a metodologia Brasil (1992). A temperatura utilizada foi de 25±2°C, que é a temperatura ideal de germinação de sementes de quinoa de acordo com Schabes e Sigstad (2004).

As sementes germinadas foram secas em estufa a 35°C com ventilação de ar forçada por 72 horas. Após a secagem elas foram trituradas em moinho de facas e transformadas na farinha de quinoa germinada.

Para o preparo das farinhas fermentadas foi retirada uma porção da farinha de quinoa e da farinha de quinoa germinada que foram colocadas para fermentar separadamente. A fermentação foi conduzida com o mesmo processo utilizado para fermentação de cereais (AVANCINI, 2007) à temperatura de 26°C ±2°C. O processo foi considerado acabado quando houve formação de espuma na superfície, formação de bolhas persistentes no interior da massa com desprendimento de forte odor característico e estabilização do pH e da acidez titulável. Após atingir o grau máximo de fermentação a farinha de quinoa fermentada e a farinha de quinoa germinada fermentada passaram por processo de secagem em estufa à 35°C com circulação de ar forçada durante 72 horas.

As farinhas assadas foram elaboradas a partir de massas com 100% das respectivas farinhas cruas mais água destilada em quantidade suficiente para modelar as massas (o volume de água variou de acordo com o tipo de farinha). Estas foram moldadas no formato de coocks e levadas ao forno durante 40 minutos à temperatura de 200°C conforme Cereda (1983) procedeu no preparo de biscoitos de polvilho.

Depois de assadas e resfriadas a temperatura ambiente por 12 horas as massas em formato de coocks foram trituradas em moinho de facas, sendo transformadas em: farinha de quinoa assada (FQA), farinha de quinoa germinada assada (FQGA), farinha de quinoa fermentada assada (FQFA), farinha de quinoa germinada/fermentada assada (FQGFA). Essas farinhas de quinoa foram armazenadas separadamente em embalagens rígidas de polietileno à temperatura de 5°C, protegidas da umidade e da incidência de luz até o preparo das dietas experimentais.

A Figura 1 mostra o fluxograma para elaboração das farinhas de quinoa.

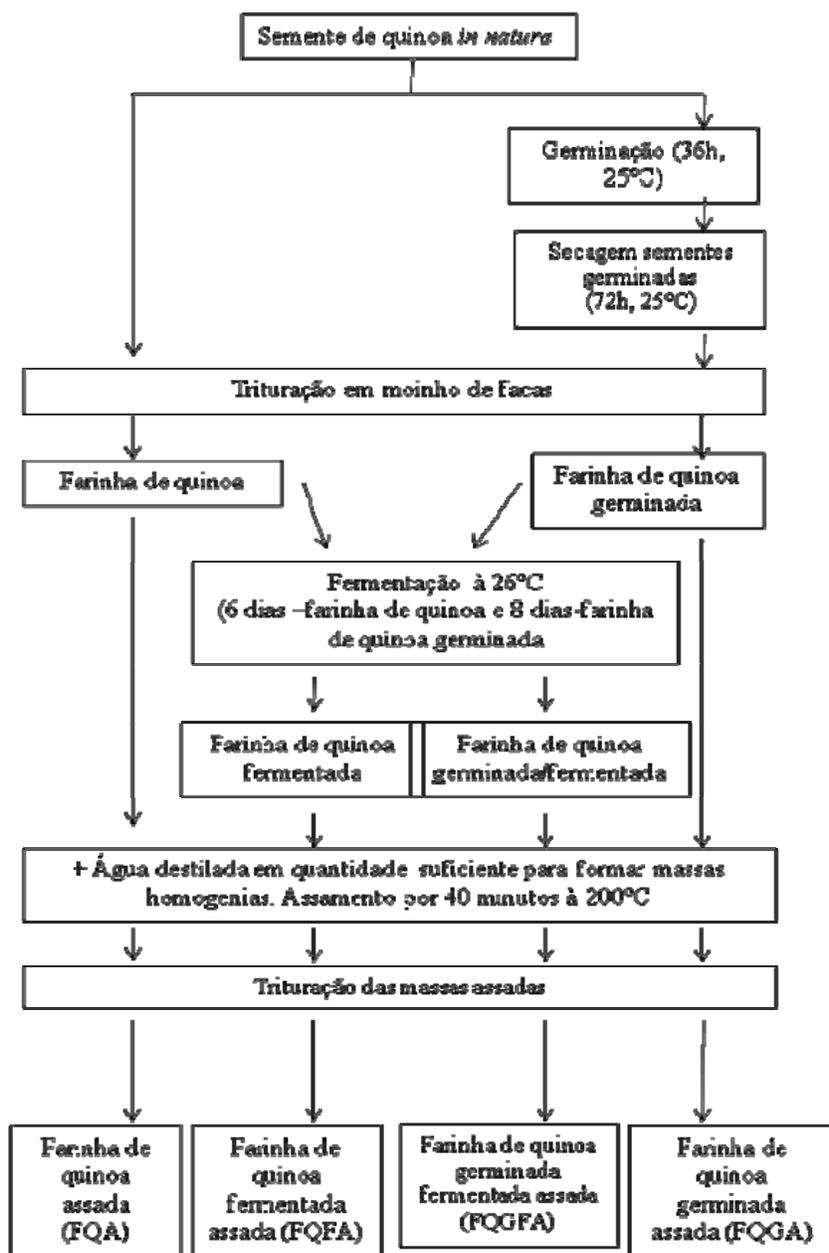


Figura 1 Fluxograma de elaboração das farinhas de quinoa germinada, fermentada e assada

4.2 Ensaio *in vivo*

Este trabalho foi submetido à avaliação do Comitê de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal de Lavras e foi aprovado, protocolo 2010038, Anexo A.

Para o ensaio *in vivo* foram utilizados 36 ratos machos adultos (56 dias) normoglicêmicos da linhagem wistar, com média de peso $233,27\text{g} \pm 27,2\text{g}$, provenientes do Biotério da Escola de Nutrição da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP). Os animais foram pesados e aleatorizados em seis grupos com seis ratos em cada um (n=6).

Durante o experimento os animais foram mantidos em gaiolas metabólicas individuais no Laboratório de Fisiologia e Farmacologia Veterinária (LFFV) do Departamento de Medicina Veterinária (DMV) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), com temperatura ambiente controlada ($21 \pm 3^\circ\text{C}$) e ciclo claro: escuro de 12 horas. Este estudo foi conduzido em um período total de 47 dias dividido em duas etapas. A primeira etapa ocorreu do 1º até o 7º dia e a segunda teve início no 7º e prorrogou até o 47º dia.

Os grupos foram chamados de:

- a) grupo 1: os animais receberam a Dieta A [elaborada de acordo com Reeves, Nielsen e Faheey (1993) do American Institute of Nutrition para a fase de manutenção (AIN 93-M) contendo 46,5% de amido de milho];
- b) grupo 2: os animais receberam a Dieta B (AIN 93-M com 15% de amido de milho mais 31,5% de glicose, em substituição ao amido de milho);
- c) grupo 3: os animais receberam a Dieta C (AIN 93-M com 15% de farinha de quinoa assada (FQA) mais 31,5% de glicose, em substituição ao amido);

- d) grupo 4: os animais receberam a Dieta D (AIN 93-M com 15% de FQGA mais 31,5% de glicose, em substituição ao amido);
- e) grupo 5: os animais receberam a Dieta E (AIN 93-M com 15% de FQFA mais 31,5% de glicose, em substituição ao amido);
- f) grupo 6: os animais receberam a Dieta F (AIN 93-M com 15% de FQGFA mais 31,5% de glicose, em substituição ao amido).

Durante os primeiros 2 dias da primeira etapa todos os animais tiveram livre acesso a dieta A, elabora conforme AIN 93-M. Este procedimento foi seguido para a adaptação dos animais e estabelecimento de nutrientes padrões no organismo.

A partir do 3º dia todos os animais continuaram recebendo dieta A, porém, foi iniciado um treinamento para que eles ingerissem uma quantidade específica de dieta experimental dentro de um tempo pré-estabelecido. O treinamento ocorreu a cada manhã, às 08:00 horas, quando 3g de dieta A era colocada em cada gaiola e era removida após 15 minutos. Depois de remover os potes onde se encontravam os 3g de dieta padrão os animais só tinham acesso a alimentação das 14 às 20 horas, sendo novamente privados de dieta durante o período noturno (KABIR et al., 2000; LERER-METZGER et al, 1996).

Ao 7º dia do experimento, após os 4 dias de treinamento e 12 horas de jejum, foram fornecidos 3g das respectivas dietas experimentais (dieta A, B, C, D, E e F) para a elaboração da curva glicêmica e posteriores cálculos do índice glicêmico da dieta.

Ao iniciar a segunda etapa do experimento no 7º dia, os animais dos grupos 1, 2, 3, 4, 5 e 6 tiveram acesso *ad libitum* as suas respectivas dietas experimentais (dieta A, B,C,D,E e F) até o fim da segunda etapa para que fosse possível avaliar os parâmetros bioquímicos glicose, triacilgliceróis, colesterol total e frações (LDL-c, HDL-c, VLDL-c) e hemoglobina glicada. As dietas

foram pesadas e fornecidas a cada 3 dias em horário único, e a pesagem dos animais também foi feita a cada 3 dias para evitar o estresse do animal devido ao excesso de manipulação.

O volume total das seis dietas experimentais necessárias para condução do estudo foi calculado e preparado previamente ao ensaio e armazenados sob refrigeração (5°C). Durante todas as etapas do experimento os animais receberam água *ad libitum*.

As dietas utilizadas no ensaio conforme o padrão AIN 93-M encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1 Composição da dieta controle padrão, dieta controle de alto índice glicêmico de das dietas de alto índice glicêmico com adição de farinhas de quinoa processadas (g/kg)

Ingredientes	Dietas (g/kg)					
	A	B	C	D	E	F
Amido de milho	465,62	150	---	---	---	---
Caseína	140	140	140	140	140	140
Dextrina	155	155	155	155	155	155
Sacarose	100	100	100	100	100	100
Óleo de soja	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
Celulose	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00
Pré-mix mineral	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00	35,00
Pré-mix vitamínico	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
L-cistina	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80
Bitartarato de colina	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Terbutilhidroquinona	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008
Glicose	---	315,62	315,62	315,62	315,62	315,62
FQA*	---	---	150	---	---	---
FQGA**	---	---	---	150	---	---
FQFA***	---	---	---	---	150	---
FQGFA****	---	---	---	---	---	150
Total (em g)	1000	1000	1000	1000	1000	1000

FQA*: farinha de quinoa assada; FQGA**: farinha de quinoa germinada assada; FQFA***: farinha de quinoa fermentada assada; FQGFA****: farinha de quinoa germinada/fermentada e assada

4.2.1 Controle da ingestão alimentar e desenvolvimento ponderal

O consumo de dieta e o ganho de peso dos animais foram acompanhados a cada três dias a partir do início da segunda etapa do experimento para possibilitar a avaliação do desenvolvimento dos animais.

Os registros do consumo de dieta e ganho de peso ponderal durante os 41 dias de tratamento experimental da segunda etapa permitiram calcular o consumo médio diário (CMD), ganho médio diário de peso (GMD) e o coeficiente da eficácia alimentar (CEA), sendo que o último mostrou a relação entre ganho de peso e consumo da dieta de acordo com Pellet e Young (1980).

Todos os referidos índices foram calculados individualmente, permitindo encontrar a média e coeficiente de variação para cada grupo.

4.2.2 Glicemia

a) Glicemia de jejum e pós-prandial

Ao primeiro dia da primeira etapa do experimento foram realizadas as análises de glicemia capilar de jejum de 12 horas na veia caudal dos animais utilizando glicosímetros e fitas glicêmicas Accu-Chek[®], e os valores obtidos foram referidos como glicemia de jejum (mg/dL) do início do experimento.

No 6º dia de tratamento, às 20 horas, os animais foram novamente privados de alimentação por um período de 12 horas, ao concluir este tempo os animais tiveram livre acesso às respectivas dietas, na quantidade pré estabelecida de 3g, durante 15 minutos para que fosse possível avaliar a glicemia pós-prandial.

Para análise de glicemia pós-prandial as dietas de cada grupo foram previamente pesadas antes de serem colocadas no comedouro. Imediatamente após o consumo dos 3g das respectivas dietas os animais foram submetidos a avaliação da glicemia pós-prandial, somente aqueles que ingeriram totalmente a dieta. A primeira punção logo após o consumo das dietas foi estabelecida como tempo 0 (zero). A partir daí as análises prosseguiram de 15 em 15 minutos até completar o tempo de 3 horas (180 minutos), totalizando 12 avaliações por animal com valores expressos em mg/dL de sangue (COZZOLINO, 2006). Para o cálculo da glicemia pós-prandial os resultados da glicemia (mg/dL) de cada animal foi somado e dividido pelo número de vezes de avaliação (12).

Após esta etapa os animais começaram a receber as respectivas dietas experimentais de forma *ad libitum* até o 46º dia de tratamento, mesmo aqueles que não participaram do teste de glicemia pós-prandial por não terem ingerido os 3g de dieta estipulados.

No 46º dia de experimento as dietas foram igualmente suspensas para um novo teste de glicemia de jejum ao 47º dia e também para coleta de sangue e avaliação do colesterol total e frações (LDL-colesterol, HDL-colesterol e VLDL-colesterol), triacilgliceróis e hemoglobina glicada.

b) Índice glicêmico

Para os cálculos do índice glicêmico (IG) das respectivas dietas experimentais foram elaboradas curvas glicêmicas a partir dos resultados obtidos da avaliação do teor da glicose sanguínea pós prandial dos animais, sendo a primeira análise realizada após o consumo das distintas dietas considerada como tempo zero.

Após a elaboração das curvas glicêmicas foi possível calcular o índice glicêmico das dietas utilizadas à partir do aumento da área sob a curva

glicêmica, seguindo-se a metodologia proposta pela FAO/WHO (1998 citado por FLINT et al., 2004), sendo o IG da dieta determinado pelas equações:

$$\text{IG} = \frac{\text{Aumento na área da curva glicêmica (alimento teste)}}{\text{Aumento na área da curva glicêmica (alimento referência)}} \times 100$$

4.2.3 Hemoglobina glicada

No 47º dia de experimento, após jejum de 15 horas, os animais foram anestesiados e sedados com Tiopental sódico (40mg/kg). Foi feita uma abertura torácica e abdominal onde foram coletadas amostras sanguíneas por secção da artéria aorta abdominal em duas alíquotas de aproximadamente 3 mL cada. Uma alíquota foi acondicionada em tubo com anticoagulante (EDTA) para determinação de hemoglobina glicada (HbA1) com kits LABTEST seguindo as recomendações do fabricante. A percentagem de HbA1 em relação a hemoglobina total foi calculada por absorbância a 415 nm.

A outra alíquota foi centrifugada a 2368 x g, por 15 minutos para a obtenção do plasma, que ficou armazenado a -18 °C até as análises das concentrações de triacilgliceróis e colesterol total e frações (LDL-c, HDL-c).

4.2.4 Triacilgliceróis

A determinação dos triacilgliceróis do soro dos animais experimentais seguiu a metodologia proposta por Fossati e Prencipe (1982), utilizando-se kits enzimáticos LABTEST onde as reações enzimáticas resultaram na formação da cor rosada, cuja intensidade da cor é diretamente proporcional a concentração de triacilgliceróis. A leitura foi feita em espectrofotômetro com absorbância de $\lambda=505\text{nm}$.

4.2.5 Quantificação do colesterol total e frações

O colesterol total do soro dos animais foi determinado com kits LABTEST por meio de sistema enzimático. Os ésteres de colesterol são hidrolisados pela colesterol esterase a colesterol livre e ácidos graxos. O colesterol livre é oxidado pela colesterol oxidase a colest-4-em-ono e peróxido de hidrogênio. Na presença de peroxidase e peróxido de hidrogênio, o fenol e a 4-aminoantipirina são oxidados formando a antipirilquinonimina que tem absorvidade máxima em 500nm.

A intensidade da cor vermelha formada na reação final é diretamente proporcional à concentração do colesterol na amostra.

As frações de HDL-colesterol (HDL-c) foram determinadas com kits LABTEST pelo sistema de precipitação seletiva das lipoproteínas de baixa densidade (LDL-c) e muito baixa densidade (VLDL-c). As lipoproteínas LDL-c e VLDL-c foram quantitativamente precipitadas e, após a centrifugação, o colesterol ligado ao HDL-c foi determinado no sobrenadante através de sistema enzimático colorimétrico.

O VLDL-c e LDL-c foram calculados utilizando a equação de Friedewald, onde o VLDL-c é igual à concentração de triacilglicerol dividido por 5, e o colesterol LDL-c é igual ao colesterol total subtraído pelo total da soma entre HDL-c e VLDL-c.

4.2.6 Eutanásia dos animais

Após sedar e anestésiar os animais experimentais (ratos) para secção torácica e abdominal para posterior coleta das amostras de sangue e órgãos, os animais sofreram parada cardíaca seguida de morte devido a hipovolemia.

Esse experimento animal foi conduzido seguindo os Princípios Éticos na Experimentação Animal.

4.2.7 Pesos do tecido adiposo epididimário e fígado dos animais experimentais

Os animais de cada grupo, após serem eutanasiados e com a região torácica e abdominal já abertas, tiveram o tecido adiposo epididimário e o fígado retirados e pesados individualmente em balança analítica. Desta forma foi possível calcular a média de peso do tecido epididimário e do fígado dos animais para cada grupo e avaliar com testes estatísticos a existência de possíveis diferenças de resultados entre os diferentes grupos.

4.3 Análises estatísticas

Utilizou-se o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), sendo seis tratamentos que foram analisados em seis repetições. Para análise de glicemia de jejum foi aplicado um esquema de análise fatorial 6x2, sendo 6 tipos de dietas e 2 tempos (início e final do experimento). Os resultados foram expressos em termos de média e coeficiente de variação. Foi utilizado a análise de variância seguida pelo teste de Tukey a 5% de significância no software Sisvar (FERREIRA, 2008).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta os resultados relacionados ao consumo médio diário (CMD), ganho médio de peso diário (GMD) e coeficiente de eficácia alimentar (CEA) dos animais durante a 2ª etapa do experimento.

Tabela 2 Consumo médio diário (CMD), ganho médio de peso diário (GMD) e coeficiente de eficácia alimentar (CEA) dos animais experimentais durante a segunda etapa do tratamento

Grupos	CMD (g)	GMD (g)	CEA
1 (dieta A)	22,90 ^a	1,87 ^b	0,094 ^{b,c}
2 (dieta B)	18,79 ^{a,b,c}	2,22 ^a	0,130 ^d
3 (dieta C)	17,99 ^{a,b,c}	1,94 ^{a,b}	0,102 ^c
4 (dieta D)	16,11 ^{b,c}	1,70 ^{b,c}	0,098 ^{b,c}
5 (dieta E)	20,27 ^{a,b}	1,30 ^d	0,073 ^a
6 (dieta F)	14,86 ^c	1,45 ^{c,d}	0,084 ^{a,b}
CV%	16,86	29,83	10

Legenda: Grupo 1 (dieta A, padrão), grupo 2 (dieta B, com alto teor de glicose, 31,5%), grupo 3 (dieta C, com 31,5% de glicose e 15% de farinha de quinoa assada), grupo 4 (dieta D, com 31,5% de glicose e 15% de farinha de quinoa germinada assada), grupo 5 (dieta E, com 31,5% de glicose e 15% de farinha de quinoa fermentada assada) e do grupo 6 (dieta F, com 31,5% de glicose e 15% de farinha de quinoa germinada/fermentada e assada). Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de significância

A Tabela 2 mostra que o maior consumo médio diário (CMD) foi observado no grupo 1 (22,91g/dia), que ingeriu a dieta A (padrão), porém, este não apresentou diferença significativa ($p \geq 0,05$) em relação ao grupo 2 (18,79g/dia), que ingeriu a dieta B (com 31,5% de glicose), em relação ao grupo 3 (17,99g/dia), que ingeriu a dieta C (com 15% de FQA) e com relação ao grupo 5 (20,25g/dia), que ingeriu a dieta E (com 15% de FQFA).

Os resultados do CMD (g) indicam que as dietas B, C e E não influenciaram negativamente nas características sensoriais das dietas experimentais já que, não foi observada diferença entre o consumo dessas dietas em relação à dieta A (controle). Os grupos 4 e 6, que consumiram dieta D e F, respectivamente, apresentaram a menor média de consumo de suas dietas experimentais em relação ao grupo 1. Essa situação pode ter ocorrido devido às alterações nutricionais específicas que sucederam nas FQFA e FQGFA.

O efeito de redução do consumo de refeições contendo quinoa foi observado por Bert et al. (2004) que comprovaram que o Índice do Efeito Saciante (IES) desse pseudocereal em humanos foi mais elevado em relação aos alimentos preparados com cereais tradicionais, sendo o pão branco o menos satisfatório. Quando comparado a outros cereais livres de glúten somente as massas preparadas com quinoa induziram menor desejo de comer e maior plenitude e sensações de saciedade. A explicação que esses autores encontraram para tal efeito foi relacionada ao menor índice glicêmico (IG) das massas contendo farinha de quinoa. Eles comprovaram que alimentos com baixo IG são relativamente mais saciantes em contraposição aos de alto IG.

Berti et al. (2005) também avaliaram o poder saciante da quinoa em humanos e encontraram resultado positivo. Além disso, os participantes expressaram alta pontuação para palatabilidade da quinoa, apesar do fato de que eles normalmente não consumiam este grão.

Após uma refeição de alto IG, com diminuição de combustíveis metabólicos no meio período pós-prandial, é esperado um aumento da fome e ingestão de alimentos para tentar restaurar a homeostase energética. Esta hipoglicemia induzida por insulina parece provocar hiperfagia prolongada, persistente após restauração dos níveis normais de glicemia. Além disso, hiperinsulinemia e hipoglicemia podem estimular preferencialmente consumo de alimentos de alto IG (LUDWIG, 2002).

De acordo com Berti et al. (2005) o efeito saciante dos alimentos está relacionado à presença de proteínas, carboidratos, fibras ou água, em grande quantidade, sendo as fibras as que mais apresentam maior poder saciante. Estes autores afirmam que o aumento de amido resistente (fibra insolúvel) nas refeições promove uma significativa redução nas respostas metabólicas e aumenta de forma subjetiva as sensações de saciedade.

O ganho médio diário de peso (GMD) foi consideravelmente maior ($p \leq 0,05$) no grupo 2 (2,22g/dia), seguido pelo grupo 3 (1,94g/dia), que ingeriu dieta contendo FQA, e pelo grupo 1 (1,87g/dia), que ingeriu dieta controle padrão. Estas não diferiram significativamente ($p \geq 0,05$) do grupo D (1,70g/dia), que ingeriu dieta contendo FQGA (Tabela 2).

O maior coeficiente de eficácia alimentar (CEA) foi encontrado no grupo 2 (0,130), que ingeriu a dieta B. O resultado para CEA do grupo 2 foi significativamente mais elevado ($p \leq 0,05$) em relação a todos os outros tratamentos. O CEA é a razão entre o GMD (g) e o CMD (g), portanto, quanto mais alto for o GMD e mais reduzido for o CMD, maior será o CEA. A dieta 2 (com alto teor de glicose) esteve entre as menos consumidas, 18,79g, e ainda sim apresentou o maior GMD, 2,22g (Tabela 2).

Estes resultados levam a crer que a dieta controle 2 promoveu uma hipertrofia e/ou hiperplasia das células adiposas, fato visto como negativo já que o acúmulo de tecido adiposo pode ser um fator preditivo ao desenvolvimento de diabetes tipo 2.

De forma contrária aos resultados apresentados no grupo 2, pode-se observar um baixo CEA nos grupos 5 (0,073) e 6 (0,084), que foram também foram estatisticamente menores ($p \leq 0,05$) que o CEA no grupo 1 (0,094).

Os resultados referentes ao peso do tecido adiposo epididimário e ao peso do fígado podem ser observados na Tabela 3.

Tabela 3 Peso médio do tecido adiposo epididimário e fígado (g)

Grupos	Peso (g)	
	Tec. adiposo (epididimário)	Fígado
1 (dieta A)	5,11 ^a	8,15
2 (dieta B)	5,65 ^a	8,36
3 (dieta C)	1,69 ^b	8,29
4 (dieta D)	1,88 ^b	6,56
5 (dieta E)	1,48 ^b	6,71
6 (dieta F)	1,75 ^b	7,54
CV%	26,2	15,8

Legenda: Grupo 1 (dieta A, padrão), grupo 2 (dieta B, com alto teor de glicose, 31,5%), grupo 3 (dieta C, com 31,5% de glicose e 15% de farinha de quinoa assada), grupo 4 (dieta D, com 31,5% de glicose e 15% de farinha de quinoa germinada assada), grupo 5 (dieta E, com 31,5% de glicose e 15% de farinha de quinoa fermentada assada) e do grupo 6 (dieta F, com 31,5% de glicose e 15% de farinha de quinoa germinada/fermentada e assada). Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Com relação ao tecido adiposo epididimário, o grupo 1 e o grupo 2 foram os que apresentaram maior média, 5,11g e 5,65g, não diferindo significativamente entre si. Por outro lado, os grupos de animais que consumiram dietas 3, 4, 5 e 6 apresentaram média do tecido adiposo significativamente menor em relação aos grupos 1 e 2 (grupos controles). A menor média foi observada no grupo que ingeriu dieta 5, contendo FQFA (1,48g), porém, este resultado não diferiu de forma importante do grupo 3, que ingeriu dieta contendo FQA (1,69g), de grupo 6, que ingeriu dieta contendo FQGFA (1,75g), e do grupo 4, que ingeriu dieta com FQGA (1,88g).

Lerer-Metzge et al. (1996) comprovaram o efeito de aumento do tecido adiposo de ratos com dieta de alto IG. Eles ofereceram para os animais dieta rica em amilopectina (amido de alto IG) e dieta rica em amilose (amido de baixo IG), com 3-5 semanas de tratamento eles observaram as primeiras mudanças fisiológicas que favoreciam a deposição de gordura, incluindo aumento da

incorporação de gordura, maior diâmetro dos adipócitos, aumento da incorporação de glicose nos lipídios e maior síntese de ácidos graxos. Na 7ª semana de tratamento os autores constataram um aumento da massa de gordura do epidídimo, com 32 a 51 semanas estes animais desenvolveram obesidade.

A menor média de peso do tecido adiposo epididimário dos animais que consumiram dietas com farinhas de quinoa processadas é visto como fato positivo já que, o aumento do tecido adiposo pode levar a obesidade, que está associada a diversas doenças crônicas como cardiopatias, diabetes tipo 2, hipertensão arterial e certos cânceres. Os riscos para o desenvolvimento de doenças crônicas não transmissíveis tendem a piorar conforme aumento o grau de obesidade.

Wing et al. (1987 citados por MAHAN; SCOTT-STUMP, 2005) realizaram estudos com humanos diabéticos e constataram que aqueles que perderam em torno de 5% do peso inicial e mantiveram por um ano a perda apresentaram melhoras significativas na redução da hemoglobina glicada.

Pode-se afirmar que o ganho de peso dos animais experimentais (Tabela 3) está relacionado ao aumento de tecido adiposo, isto porque, o grupo que apresentou maior ganho de peso diário, grupo 2 (2,22g), também foi aquele que apresentou maior média do tecido adiposo epididimário (5,65g).

A média do peso do fígado dos animais não diferiu entre os grupos, fato importante que indica que a dieta 2, contendo alto percentual de glicose (31,5%), e as dietas 3,4,5 e 6, contendo alto teor de glicose (31,5%) mais farinhas de quinoa processadas (15%), não foram tóxicas, pois, estas não provocaram hipertrofia do órgão. Além disto, a não variação significativa ($p \geq 0,05$) do peso do fígado dos animais do grupo 2 em relação ao grupo 1 demonstra que, apesar da primeira ter levado um aumento significativo do tecido adiposo epididimário, o período de tratamento não foi suficiente para provocar deposição de gordura hepática.

A Tabela 4 expõe os valores de glicemia de jejum inicial (1º dia do experimento) e final (último dia do experimento), e glicemia pós-prandial (8º dia do experimento).

Tabela 4 Média da glicemia de jejum inicial e final (mg/dL) e glicemia pós-prandial dos animais submetidos ao tratamento com as dietas experimentais

Grupos	Glicemia de jejum inicial* (mg/dL)	Glicemia de jejum final* (mg/dL)	Glicemia pós-prandial (mg/dL)
1 (dieta A)	77,40 ^a	78,00 ^a	142,86 ^a
2 (dieta B)	72,00 ^b	79,40 ^a	140,88 ^{a,b}
3 (dieta C)	81,75 ^a	69,60 ^a	135,47 ^{a,b,c}
4 (dieta D)	77,66 ^a	69,58 ^b	--
5 (dieta E)	81,50 ^a	73,83 ^a	135,80 ^{a,b,c}
6 (dieta F)	80,30 ^a	75,00 ^a	132,12 ^{b,c}
CV%	--	--	10,73

*Comparação da glicemia de jejum dos animais no primeiro dia de tratamento e no último. Grupo 1 (dieta A, padrão), grupo 2 (dieta B, com alto teor de glicose, 31,5%), grupo 3 (dieta C, com 31,5% de glicose e 15% de farinha de quinoa assada), grupo 4 (dieta D, com 31,5% de glicose e 15% de farinha de quinoa germinada assada), grupo 5 (dieta E, com 31,5% de glicose e 15% de farinha de quinoa fermentada assada) e do grupo 6 (dieta F, com 31,5% de glicose e 15% de farinha de quinoa germinada/fermentada e assada). Médias seguidas da mesma letra na coluna para glicemia-pós prandial e mesma letra na linha para glicemia de jejum inicial, final, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

Foi possível perceber através da Tabela 4 que a glicemia de jejum do grupo 1, que ingeriu a dieta A, não teve qualquer alteração significativa quando se compara os valores do primeiro dia de experimento ao do último dia. Esse resultado já era esperado já que, não foi adicionado nenhum componente a dieta A com finalidade de provocar alterações metabólicas.

No grupo 2, que ingeriu a dieta B (contendo 31,5% de glicose), foi observado um aumento da glicemia durante o tratamento, que provavelmente foi decorrente da grande quantidade de glicose adicionada a essa dieta.

Considerando os grupos de animais que ingeriram dieta contendo farinhas de quinoa, dieta C, D, E e F, o único grupo que apresentou redução significativa da glicose do início do tratamento em relação ao final foi 4 (p-valor= 0,093). Contudo, os grupos de animais que ingeriram a dieta C (contendo 15% de FQA), dieta E (contendo FQFA) e dieta F (contendo 15% FQGFA) também apresentaram uma redução considerável da glicemia, apesar de não ter sido significativa.

Os resultados da Tabela 4 inferem que as farinhas de quinoa processadas adicionadas as dietas experimentais apresentam efeito protetor no organismo dos ratos contra o aumento dos níveis de glicose causados pela ingestão de dieta contendo elevado teor de carboidratos simples isto porque, a não elevação e até a mesma redução da glicemia de jejum dos animais experimentais, está diretamente relacionada à presença das farinhas de quinoa na dieta.

Pas'ko et al. (2010) observaram aumento significativo da glicemia de ratos após a ingestão de dietas contendo elevado teor de frutose (62%). Também foi observada redução significativa da glicose nos grupos de animais que ingeriram dieta contendo sementes de quinoa em relação ao grupo controle padrão e ao grupo controle de alto IG (62% de frutose). O resultado mais eficaz de redução da glicemia dos animais no estudo de Pas'ko et al. (2010) em relação a este estudo pode ser devido ao volume de sementes de quinoa utilizadas, 31%, contra apenas 15% de farinha de quinoa utilizadas no presente estudo.

Pas'ko et al. (2010) relacionaram este efeito de redução da glicemia pela quinoa a presença de compostos químicos nas sementes (seriam eles tocoferóis, polifenóis), diferentemente dos autores Bert et al. (2004), que associaram o baixo índice glicêmico de massas contendo quinoa a menor digestibilidade do amido destas.

A glicemia pós-prandial (mg/dL) de cada grupo experimental, calculada a partir da média dos valores de glicose avaliados de 15 em 15 minutos até o

tempo de 180 minutos para cada animal, corresponde aos resultados encontrados para o IG. O grupo 1 (dieta A) foi o que apresentou maior elevação da glicemia pós-prandial (142,86mg/dL), sendo este significativamente maior ($p \leq 0,05$) que o do grupo 6, que ingeriu a dieta F (132,12mg/dL).

Todos os grupos que tiveram adição de farinhas de quinoa processadas nas dietas (grupo 3, 4, 5 e 6) apresentaram glicemia pós-prandial reduzida em relação aos grupos controles (1 e 2), apesar dos grupos que ingeriram dieta com FQA (135,57mg/dL), FQFA (135,80mg/dL) não terem apresentado diferença significativa ($p \geq 0,05$) em relação aos grupos que ingeriram dieta A (142,86mg/dL) e dieta B (140,88mg/dL).

A glicose é um nutriente obrigatório para as funções metabólicas do organismo, porém deve existir um equilíbrio, valores extremos podem provocar disfunções metabólicas, valores mínimos, em torno de 60% abaixo da média ideal, podem provocar coma e até morte do indivíduo. Por outro lado, valores acima da média ideal também são expressivamente deletérios, glicose 80% acima da média preconizada está associado à imediata glicosúria, e em longo prazo a insuficiência renal, retinopatia e aterosclerose. Por estas razões a concentração de glicose no sangue é rigorosamente regulada pelos sistemas homeostáticos de regulação (LUDWIG, 2002).

A hiperglicemia estimula a secreção de insulina que promove a captação de glicose pelo músculo e tecido adiposo. Hipoglicemia induz secreção de glucagon, epinefrina, cortisol e hormônio de crescimento, hormônios que antagonizam ação da insulina e restauram a normoglicemia (LUDWIG, 2002).

Ingestão de refeições com alto índice glicêmico provoca elevação da glicemia pós-prandial que tende a elevar os níveis sanguíneos de insulina e glucagon. Estes hormônios podem exacerbar as respostas normais para ingestão de alimentos, aumentar a absorção de nutrientes pelos tecidos responsivos à insulina, estimular a gliconeogênese e lipogênese e ainda suprimir a glicólise e

lipólise. Entre 2 e 4 horas após a ingestão de uma refeição de alto índice glicêmico ocorre declínio da absorção gastrointestinal dos nutrientes, mas os efeitos biológicos da insulina e glucagon elevados persistem, conseqüentemente a glicemia cai rapidamente, muitas vezes na faixa de hipoglicemia (PAS'KO et al., 2010).

A ingestão a longo prazo de refeições com elevada resposta pós-prandial também pode prejudicar a função das células beta através de efeitos diretos da elevação dos níveis de glicose e ácidos graxos livres (LUDWIG, 2002).

Dietas de baixo IG podem, em teoria, reduzir os riscos de desenvolvimento do diabetes diminuindo a hiperglicemia pós-prandial precoce e diminuindo também o risco de hipoglicemia pós-absortivo (LUDWIG, 2002). Os resultados expostos na Tabela 4 indicam que as farinhas de quinoa adicionadas à dieta podem provocar este efeito de redução do IG da dieta.

Para avaliação do índice glicêmico (IG) da dieta é necessário ingerir quantidades pré-estabelecidas da dieta em período de tempo também pré-determinado, por isso, os animais do grupo 4 (dieta D) foram privados das análises de glicemia necessárias para elaboração da curva glicêmica, pois, não ingeriram os 3g pré-estabelecidos da respectiva dieta experimental.

Os valores médios de IG das dietas experimentais, exceto a dieta D, encontram-se no Gráfico 1.

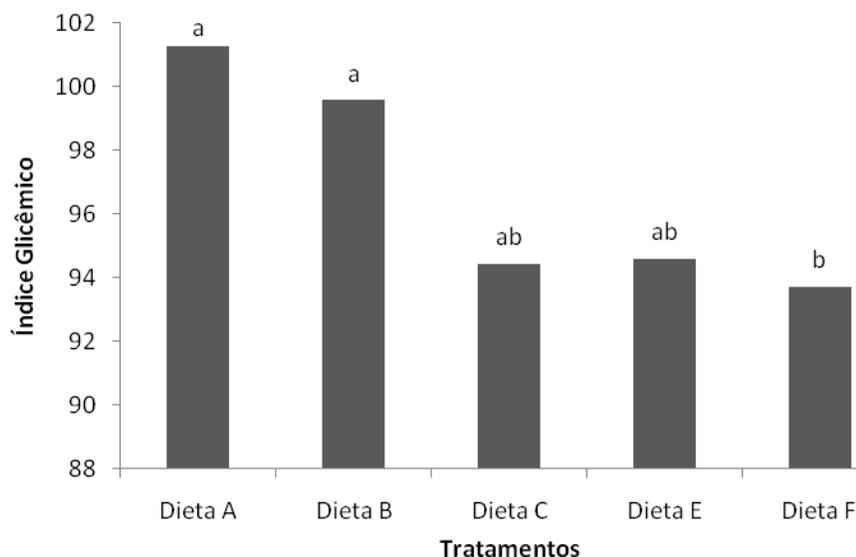


Gráfico 1 Índice glicêmico (IG) das dietas experimentais controle (dieta A), de alto teor de glicose (dieta B), com 15% de farinha de quinoa assada (dieta C), com 15% de farinha de quinoa fermentada assada (dieta E) e com 15% de farinha de quinoa germinada/fermentada assada (dieta F). Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

As dietas A e B não apresentaram diferenças entre si, indicando que a quantidade de glicose adicionada à dieta B não foi eficiente na elevação da glicemia no primeiro momento. Por outro lado, mesmo as altas concentrações de glicose não tendo sido suficientes para provocar a elevação da glicemia das dietas, foi possível observar um efeito positivo das farinhas de quinoa na redução do IG das dietas experimentais, independentemente do tipo de processamento.

Dentre as dietas que continham farinhas de quinoa processadas a que apresentou menor IG foi a dieta F, que continha 15% de FQGFA (93,71 IG). Pode-se dizer que a dieta contendo essa farinha foi a mais eficiente na redução da resposta glicêmica, ela conseguiu restringir a glicemia em 7,57 pontos em

relação à dieta A (padrão), e 5,81 pontos em relação à dieta B (com 31,5% de glicose).

O baixo índice glicêmico proporcionado pelo consumo da quinoa já havia sido comprovado por estudo realizado por Berti et al. (2005). Eles testaram o IG de massas livres de glúten preparadas com quinoa e outros cereais em humanos saudáveis e portadores de doença celíaca. As massas preparadas com quinoa foram as que apresentaram menor aumento da área da curva glicêmica, tanto nos indivíduos saudáveis quanto nos portadores de doença celíaca. De acordo com estes autores, entre os possíveis mecanismos da quinoa que regulam a resposta glicêmica está a baixa taxa de digestão do amido.

A taxa de absorção de carboidratos após uma refeição, quantificada pelo IG, tem efeitos significativos sobre as respostas pós-prandiais hormonais e metabólicas. Refeições compostas por alimentos de alto índice glicêmico produzem um período inicial de elevação de glicose e insulina no sangue, seguido, em muitos indivíduos, por hipoglicemia reativa, o que provoca uma contra secreção de hormônios e eleva concentrações séricas de ácidos graxos livres. Estes eventos podem promover excessiva ingestão de alimentos, disfunção das células beta (produtoras do hormônio insulina e glucagon), dislipidemias e disfunção endotelial, alguns destes efeitos foram observados neste estudo e serão discutidos mais a frente. Assim, o consumo habitual de alimentos de baixo IG podem reduzir os riscos de desenvolvimento da obesidade, diabetes tipo 2 e doenças cardíacas (LUDWIG, 2002).

Os efeitos de redução da glicemia pelo consumo de sementes germinadas vem sendo avaliados. Hsu et al (2008) observaram diminuição da glicemia de humanos após a ingestão de arroz integral pré-germinado. Esses autores sugerem que dieta contendo sementes de arroz integral pré-germinadas provoca retardo na digestão e redução da absorção dos carboidratos quando comparadas as dietas contendo arroz polido e estes efeitos estariam relacionados

com as fibras dietéticas e a gordura, que estariam provocando efeito de proteção dos grânulos de amido contra a absorção e digestão desses.

Estudo realizado por Seki et al. (2005) sobre o efeito de redução da glicemia de animais pelo consumo de sementes de arroz germinadas atribuiu estes efeitos somente às fibras insolúveis, a gordura das sementes de arroz pré-germinadas não provocou efeito significativo na redução da glicemia pós-prandial em ratos. Estes autores trabalharam com dietas contendo sementes de arroz polido, sementes de arroz germinado e sementes de arroz germinado desengordurado.

Os resultados mostraram que a área da curva da glicose das sementes de arroz germinado desengordurado do trabalho de Seki et al. (2005) foi equivalente a da semente de arroz germinado e ambos foram significativamente menores que a do arroz polido, podendo afirmar então que o efeito de redução da curva glicêmica deste estudo foi relacionado às fibras alimentares. Mais do que confirmar os efeitos das fibras na ação da redução da área da curva glicêmica, esses autores perceberam que a ação de redução do IG não está ligada somente as fibras solúveis, mas também as fibras insolúveis.

De acordo os autores citados no parágrafo anterior, a fibra alimentar insolúvel promoveu o aumento da viscosidade dos nutrientes no trato intestinal, o que reprimiu a difusão da glicose. Estas fibras insolúveis podem ainda ter agido revestindo os grânulos de amido e impedindo a ação das enzimas digestivas. Em resumo, o efeito da redução da glicemia das sementes de arroz pré-germinadas desengorduradas seria devido a maior concentração de fibra alimentar em relação ao arroz polido.

Com relação ao efeito da fermentação de alimentos na redução da resposta glicêmica, sabe-se que alguns ácidos orgânicos como o acético e lático têm a capacidade de diminuir o IG dos alimentos (ALMINGER; EKLUND-

JONSSON, 2008; BRIGHENTI et al., 2006; OSTMAN; GRANFELDT; PERSSON, 2005; SCAZZINA et al., 2009).

Existem diversos estudos comprovando os efeitos dos alimentos fermentados e dos ácidos orgânicos na redução da área da curva glicêmica, porém, os mecanismos de ação ainda não foram bem elucidados, estudos abordando os possíveis mecanismos são escassos, apenas hipóteses foram levantadas.

Em estudo realizado por Ostman et al. (2002) com humanos, a redução de glicemia ocasionada pela ingestão de pães fermentados com adição de ácido acético foi associada a redução da taxa de esvaziamento gástrico desses indivíduos provocada pelo consumo do pão fermentado contendo ácido acético, porém, as especificações do mecanismo a nível alimentar não foram identificadas.

Os autores Ostman et al. (2002) também perceberam que a adição de ácido lático e glúten ao pão, antes do processo de assamento, protege o grânulo de amido da hidólise enzimática, promovendo a formação de uma barreira no grânulo de amido durante o processo de cocção. O trabalho desses autores sugere que a presença de ácido lático durante o tratamento térmico promove interações entre o amido e glúten, reduzindo a biodisponibilidade da fécula. A quinoa não possui glúten por isso, provavelmente o efeito de redução do IG das dietas E e F não esteja relacionado ao processo descrito por Ostman et al. (2002).

Brighenti et al. (2006) perceberam que a fermentação de alimentos considerados de alto IG promoveu a redução do IG desses, e o efeito de redução da glicemia provocada por esses alimentos fermentados foi associado ao retardo no esvaziamento gástrico.

Scazzina et al. (2009) relacionam a baixa digestibilidade do amido de alimentos fermentados à presença de ácido lático no alimento durante o processo

de cocção, que estaria provocando aumento da retrogradação do amido e conseqüentemente aumento do conteúdo de amido resistente.

A menor área da curva glicêmica da dieta F, em relação a área da curva glicêmica das dietas C e E, pode ser uma associação de fatores ligados ao processo de germinação e fermentação.

Em geral, o menor valor de IG apresentado por todas as dietas desse estudo que continham farinhas de quinoa processadas (Dieta C, E e F) sugere que estes produtos são capazes de colaborar para redução da glicemia de dietas com alto IG e prevenir estados hiperglicêmicos, podendo constituir-se uma importante ferramenta na prevenção e tratamento de patologias como o diabetes melitus.

O Gráfico 2 expõe a média dos resultados referentes a hemoglobina glicada dos animais dos grupos 1, 2, 3, 4, 5 e 6, que ingeriram as dietas A, B, C, D, E e F, respectivamente.

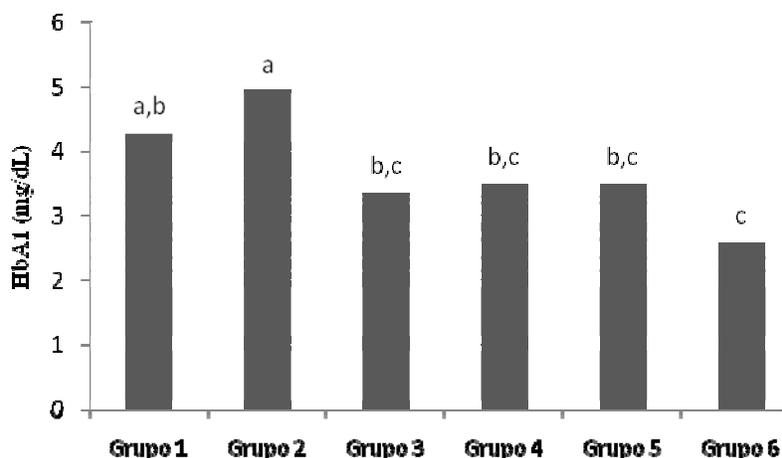


Gráfico 2 Média da hemoglobina glicada (HbA1) dos animais experimentais

O menor IG da dieta F foi reafirmado após avaliação do parâmetro bioquímico hemoglobina glicada (HbA1) nos animais do grupo 6. Os animais grupo 6 foram os que apresentaram menor concentração sanguínea de HbA1 (2,58mg/dL), este resultado foi consideravelmente menor que o do grupo que ingeriu a dieta B (9,54mg/dL) e em relação ao grupo que ingeriu dieta A (4,28mg/dL) (Tabela 3).

O consumo regular de refeições de alto IG, em comparação com dietas isoenergéticas e de baixo índice glicêmico, provocam elevação dos resultados médios de glicose de 24 horas no sangue e aumento nos níveis HbA1 e insulina em indivíduos diabéticos e não diabéticos (LUDWIG, 2002).

A HbA1 deve ser medida rotineiramente em todos os pacientes com diabetes méltus para documentar o grau de controle glicêmico. Nesse sentido, a dosagem da HbA1 tem papel fundamental na monitorização do controle glicêmico em pacientes diabéticos, pois, fornece informações acerca do índice retrospectivo da glicose plasmática. A grande vantagem da HbA1 está no fato de não sofrer grandes flutuações, como na dosagem da glicose plasmática, bem como estar diretamente relacionada ao risco de complicações em pacientes com diabetes tipos 1 e 2. A determinação dos níveis da HbA1 é a melhor opção para a avaliação do controle glicêmico em médio e longo prazos (BEM; KUNDE, 2006).

A ingestão crônica de alimentos que promovam uma exacerbada elevação da glicemia pós-prandial, ou que contrariamente reduzam a área da curva glicêmica, pode levar a alterações de diversos parâmetros bioquímicos. A Tabela 5 expõe os resultados das avaliações de colesterol total, LDL-c, HDL-c, VLDL-c, triacilgliceróis e hemoglobina glicada (HbA1) realizadas neste estudo.

Tabela 5 Média dos resultados das análises bioquímicas seguidas do coeficiente de variação em percentual (CV%)

Grupos	Análises Bioquímicas (mg/dL)				
	Colesterol total	LDL-c	HDL-c	VLDL-c	Triacilglice-róis
1 (dieta A)	146,48 ^{a,b}	77,07 ^{a,b}	44,89 ^c	27,44 ^b	137,24 ^b
2 (dieta B)	151,20 ^a	80,47 ^a	40,62 ^c	37,48 ^a	184,1 ^a
3 (dieta C)	136,47 ^{b,c}	58,56 ^b	58,68 ^a	19,29 ^c	96,49 ^c
4 (dieta D)	140,96 ^{a,b,c}	62,21 ^{a,b}	55,13 ^{a,b}	23,85 ^{b,c}	119,23 ^{b,c}
5 (dieta E)	138,75 ^{b,c}	60,57 ^b	57,98 ^a	19,97 ^c	99,88 ^c
6 (dieta F)	133,0 ^c	66,36 ^{a,b}	48,27 ^{b,c}	19,52 ^c	97,63 ^c
CV%	3,84	10,6	6,5	10,9	10,3

Legenda: HbA1: hemoglobina glicada. Grupo 1 (dieta A, padrão), grupo 2 (dieta B, com alto teor de glicose, 31,5%), grupo 3 (dieta C, com 31,5% de glicose e 15% de farinha de quinoa assada), grupo 4 (dieta D, com 31,5% de glicose e 15% de farinha de quinoa germinada assada), grupo 5 (dieta E, com 31,5% de glicose e 15% de farinha de quinoa fermentada assada) e do grupo 6 (dieta F, com 31,5% de glicose e 15% de farinha de quinoa germinada/fermentada e assada). Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Os grupos controles (grupo 1 e 2), apresentaram as maiores concentrações de colesterol total, 151,20mg/dL, 146,48mg/dL, respectivamente. Este resultado é uma consequência direta dos níveis mais elevados de LDL-colesterol, 80,47mg/dL, 77,07mg/dL e VLDL-colesterol, 37,48mg/dL, 27,44mg/dL, nos grupos 1 e 2, respectivamente. Os teores de HDL-colesterol dos animais alimentados com estas dietas controles (dieta A e B) foram os menores 40,62mg/dL e 44,89mg/dL, respectivamente, em relação a todas as dietas contendo farinhas de quinoa processada (dietas C,D,E e F), evidenciando mais aspectos positivos para adição de farinha de quinoa na dieta.

A redução do colesterol total e LDL-c na corrente sanguínea de ratos após a ingestão de dieta contendo sementes de quinoa também foi observado por Pas'ko et al., (2010), porém, a quantidade de quinoa adicionada à dieta foi bastante superior a utilizada neste estudo (16% a mais).

Neste mesmo estudo, o alto teor de frutose utilizado (62%) não foi suficiente para provocar alterações nos níveis de colesterol total em relação à dieta controle padrão, porém, ela provocou uma redução significativa do nível HDL-c no grupo controle, que não foi observada nos grupos que ingeriram dieta contendo sementes de quinoa, porém, a quinoa adicionada na dieta dos animais apenas inibiu a redução dos níveis de HDL-c causadas pela frutose, ela não estimulou o aumento do HDL-c.

O presente estudo obteve resultados mais interessantes com relação ao HDL-c quando comparado aos estudos de Pas'ko et al. (2010), já que, neste estudo a adição de farinha de quinoa processada as dietas experimentais foi eficiente na elevação do HDL-c, sendo as dietas contendo farinha de quinoa assada (dieta C) e farinha de quinoa fermentada assada (dieta E) as que apresentaram o melhor resultado considerando este parâmetro (Tabela 3).

De acordo com Pas'ko et al. (2010), a menor concentração plasmática de colesterol total induzida pelas sementes de quinoa, está relacionada com algumas proteínas pseudocereais (existentes também no amaranto e trigo sarraceno). Takao et al. (2005) observaram que existe supressão da expressão da HMG-CoA redutase pela proteína quinoa, e o esqualeno foi considerado como sendo responsável pelo mecanismo destas mudanças, por já ser previamente conhecido como inibidor desta enzima.

O efeito hipocolesterolêmico de dietas contendo quinoa também pode estar relacionado com as fibras alimentares e saponinas presentes nesta. As fibras alimentares desses grãos podem inibir a absorção de colesterol, reduzir a produção deste (ligando-se aos ácidos biliares), ou ainda serem fermentadas no cólon e produzirem ácidos graxos de cadeia curta que contribuem para diminuição de síntese de colesterol no fígado (PAS'KO et al., 2010).

Os mesmos mecanismos de redução do colesterol total estão relacionados com a redução do LDL-c em dietas contendo quinoa. Os ácidos

graxos insaturados e tocoferóis presentes na quinoa também estão sendo referidos com o efeito de redução do LDL-c no sangue de animais (PAS'KO et al., 2010).

A média de triacilgliceróis dos animais do grupo 2 (184,1mg/dL) foi consideravelmente mais elevada ($p \leq 0,05$) em relação ao grupo 1 (134,27mg/dL) e em relação a todos os outros grupos que ingeriram dieta contendo farinha de quinoa (grupo 3, 4, 5 e 6). O mesmo ocorreu para a hemoglobina glicada, apesar da média encontrada para o grupo 2 (4,94) não ter sido significativamente mais elevada ($p \geq 0,05$) que a do grupo 1 (4,28).

Todas as dietas contendo farinhas de quinoa processadas (dietas C, D, E, e F) agiram prevenindo o aumento das concentrações de triacilgliceróis nos grupos 3, 4, 5 e 6, de forma que, mesmo essas dietas contendo alta concentração de glicose (31,5%), nenhum dos referidos grupos apresentou média de triacilgliceróis superior ao do grupo 1 (que ingeriu dieta A). As dietas C, E e F ainda foram capazes de reduzir de forma significativa ($p \leq 0,05$) a média dos níveis plasmáticos de triacilgliceróis dos animais experimentais dos grupos 3, 5 e 6, quando comparados ao grupo 1 (controle) (Tabela 3).

Os efeitos de redução da trigliceridemia provocados pelas farinhas de quinoa podem estar relacionados às proteínas presentes nestas. Takao et al. (2005), observaram melhoria no nível de triacilgliceróis de ratos após a adição de proteína isolada de sementes de quinoa na ração desses animais.

Berti et al. (2005), observaram esses efeitos de redução de triacilgliceróis e ácidos graxos livres em estudo realizado com humanos saudáveis após a ingestão de massas preparadas com quinoa e atribuíram este fenômeno às fibras alimentares presentes na quinoa e a lenta liberação do amido no intestino delgado, processo que comprovadamente suprime os níveis de ácidos graxos livres (AGL) no sangue e induz menor trigliceridemia.

Desta forma, a supressão de AGL, por meio de refeições de baixo índice glicêmico, pode resultar em maior sensibilidade a insulina e menores concentrações de glicose e triacilgliceróis no sangue. Por isso sugere-se a ingestão de alimentos de baixo índice glicêmico, em outras palavras, uma dieta rica em carboidratos lentamente digeridos (BERTI et al., 2005).

É possível que o baixo IG das dietas com farinhas de quinoa elaborados neste estudo, constituídas de fibras alimentares e amido de baixa digestibilidade, tenham provocado o efeito de redução da glicose, triacilgliceróis e hemoglobina glicada.

O grupo que ingeriu a dieta D, com FQGA, foi o único que continha farinha de quinoa e que não apresentou redução significativa de triacilgliceróis em relação ao grupo 1 (dieta padrão). A redução menos eficiente dos níveis de triacilgliceróis nos animais do grupo 4, que ingeriram a dieta D, quando comparada a redução dos níveis de triacilgliceróis dos animais dos grupos 3, 5 e 6, provavelmente está relacionado com a maior disponibilidade de açúcares da FQGFA contida na dieta D, o que pode ter levado a dieta D ter o IG ligeiramente mais elevado do que as dietas C, E e F.

Pesquisadores relatam que, no processo germinativo a α -amilase hidrolisa as ligações α -1-4 glicosídicas dentro da molécula do amido, gerando maltose e dextrina ramificada e linear, este tipo de ligação está presente tanto na amilose quanto na amilopectina. A α -amilase e glicoamilase atacam os resíduos de glicose terminais, produzindo maltose e glicose, carboidratos simples (LAJOLO; MENEZES, 2006; SILVA et al., 2008)

A dieta F, contendo FQGFA, foi a segunda mais eficiente na redução dos níveis de triacilgliceróis do soro dos animais experimentais. Este efeito de redução dos níveis de triacilgliceróis da dieta contendo FQGFA pode estar relacionado ao tipo de processamento que a farinha de quinoa foi submetida, isto porque, os grânulos de amido das sementes de quinoa tiveram suas ligações

rompidas durante o processo de germinação e estes foram disponibilizados na forma de carboidratos simples para os microrganismos fermentativos presentes naturalmente na quinoa. Os microrganismos consumiram os carboidratos simples disponíveis e este evento resultou na redução mais marcante do IG da FQGFA (Figura 1).

O aumento da produção de triacilgliceróis nos hepatócitos, como consequência da sobrecarga de glicose, provoca aumento da lipogênese e superprodução de VLDL-colesterol (BERTI et al., 2005).

As análises bioquímicas realizadas no sangue e no soro dos animais desse experimento, após ingerirem dieta as dietas C, D, E e F, contendo FQA, FQGA, FQFA e FQGFA, respectivamente, direciona o uso dessas na prevenção de doenças crônicas não transmissíveis como o diabetes méltus, obesidade, cardiopatias. Essas farinhas de quinoa processadas poderiam estar substituindo parte do amido utilizado na fabricação de pães, bolos, biscoitos, e outros produtos de panificação.

6 CONCLUSÕES

As farinhas de quinoa foram eficientes na redução da glicemia de jejum, glicemia pós-prandial e índice glicêmico (IG) nas dietas experimentais, sendo o melhor efeito de redução da glicemia pós-prandial e do IG apresentado pela dieta com adição de farinha de quinoa germinada/fermentada e assada.

Os grupos de animais que ingeriram dietas contendo farinhas de quinoa processadas e alto teor de glicose (grupos 3, 4, 5 e 6) tiveram redução significativa do colesterol total, frações (LDL-c e VLDL-c), trigliceridemia e ainda redução do peso do tecido adiposo epididimário e hemoglobina glicada quando comparados os resultados com os dos animais do grupo 2, que ingeriram dieta com alto teor de glicose sem adição de farinha de quinoa, e aos resultados dos animais do grupo 1, que ingeriram dieta controle padrão.

A dieta 2, com alto teor de glicose e isenta de farinhas de quinoa, foi eficiente na elevação do colesterol total, LDL-colesterol, VLDL-colesterol, triacilgliceróis e hemoglobina glicada no sangue e no soro dos animais experimentais.

Os resultados obtidos neste estudo indicam para uma possível utilização das farinhas de quinoa processadas, em especial a farinha de quinoa germinada/fermentada e assada, na prevenção de doenças crônicas não transmissíveis, como a obesidade e o diabetes.

REFERÊNCIAS

- ABDEL-AAL, E. S. M.; RABALSKI, I. Effect of baking on nutritional properties of starch in organic spelt whole grain products. **Food Chemistry**, London, v. 111, n. 4, p. 150–156, Aug. 2008.
- ALMINGER, M.; EKLUND-JONSSON, C. Whole-grain cereal products based on a high-fibre barley or oat genotype lower post-prandial glucose and insulin responses in healthy humans. **European Journal of Nutrition**, Cleveland, v. 47, n. 9, p. 294–300, Mar. 2008.
- AVANCINI, S. R. P. **Caracterização química, microbiológica e toxicológica da água da fermentação do amido de mandioca**. 2007. 104 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.
- BEM, A. F.; KUNDE, J. A importância da hemoglobina glicada no monitoramento das complicações crônicas do diabetes *Mellitus*. **Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial**, Rio de Janeiro, v. 42, n. 3, p. 185-191, junho 2006.
- BERT, C. et al. In vitro starch digestibility and in vivo glucose response of gluten-free foods and their gluten counterparts. **European Journal of Nutrition**, London, v. 43, n. 198-204, Feb.2004.
- BERTI, C. et al. Effect on appetite control of minor cereal and pseudocereal products. **British Journal of Nutrition**, Cleveland, v. 94, n. 6, p. 850–858, Dez. 2005.
- BRADY, K.; H. O. et al. Effects of processing on the nutraceutical profile of quinoa. **Food Chemistry**, London, v. 100, n. 4, p. 1209-1216, Oct. 2007.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365 p.
- BRIGHENTI, F. et al. Colonic fermentation of indigestible carbohydrates contributes to the second-meal effect. **American Journal of Clinical**, New York, v. 62, n.1, p.27-54, Abr. 2005.

CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. Metodologia para divulgação de tecnologia para agroindústrias rurais: exemplo do processamento de farinha de mandioca no Maranhão. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, Taubaté, v. 6, n. 2, p. 219-250, jul./ago. 2010.

COZZOLINO, S. M. T. **Biodisponibilidade de nutrientes**. 2. ed., Barueri: Manole, 2006. 966 p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Carbohydrates in human nutrition**: report of a joint FAO/WHO expert consultation, abril 14-18, 1997. Rome, 1998. 140 p. (Food and Nutrition Paper, 66).

FERREIRA, D. F. Sisvar: Um programa para análise e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v. 6, n. 4, p. 36-41, jul./dez. 2008.

FLINT, A. et al. The use of glycaemic index tables to predict glycaemic index of composite breakfast meals. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 91, n. 6, p. 979-989, June 2004.

FOSSATI, P.; PRENCIPE, L. Serum triglycerides determined colorimetrically with an enzyme that produces hydrogen peroxide. **Clinical Chemistry**, Baltimore, v. 28, n. 10, p. 2077-2080, 1982.

FECHIO, J. J.; MALERBI, F. E. K. Adesão a um programa de atividade física em adultos portadores de diabetes. **Arquivos Brasileiro de Endocrinologia & Metabologia**, São Paulo, v. 48, n. 2, p. 134-143, Jan. 2004.

HSU, T. F. et al. Effects of pré-germinated brown rice on blood glucose and lipid levels in free-living patients with impaired fasting glucose or type 2 diabetes. **Journal of Nutritional Science and Vitaminology**, Tokyo, v. 54, n. 3, p. 163-168, Apr. 2008.

KABIR, M. et al. Negative regulation of leptin by chronic high-glycemic index starch diet. **Review Metabolism**, Easton, v. 49, n. 6, p. 764-769, Aug. 2000.

LAJOLO, F. M.; MENEZES, E. W. **Carboidratos en alimentos regionales Iberoamericanos**. São Paulo: USP, 2006. 645 p.

LAQUATRA, I. Nutrição para o controle de peso. In: MAHAN, L. K.; ESCOTT-STUMP, S. (Ed.). **Alimentos, nutrição e dietoterapia**. 11. ed. São Paulo: Rocca, 2005. p. 535-538.

LERER-METZGER, M. L.; RIZKALLA, S.W.; LUO, J. Effects of long-term low-glycaemic index starchy food on plasma glucose and lipid concentrations and adipose tissue cellularity in normal and diabetic rats. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 75, n. 3, p. 723-732, Mar. 1996.

LUDWIG, D.S. The glycemic index physiological mechanisms relating to obesity, diabetes, and cardiovascular disease. **Journal of the American Association**, Chicago v. 287, n. 18, p. 2414-2423, (Reprinted), Aug. 2002.

MAHAN, L. K.; ESCOTT-STUMP, S. **Krause alimentos, nutrição & dietoterapia**. 11. ed. São Paulo: Roca, 2005. 1242 p.

OSTMAN, M. E.; ELMSTAHL, H. G. M. E.; BJORCK, M. E. Inconsistency between glycemic and insulinemic responses to regular and fermented milk products. **American Journal of Clinical Nutrition**, New York, v. 74, n. 9, p. 96-100, Sept. 2001.

OSTMAN, M. E. et al. On the effect of lactic acid on blood glucose and insulin responses to cereal products: mechanistic studies in healthy subjects and In vitro. **Journal of Cereal Science**, London, v. 36, n. 2, p. 339-346, Apr. 2002.

OSTMAN, M. E.; GRANFELDT, Y.; PERSSON, L. Vinegar supplementation lowers glucose and insulin responses and increases satiety after a bread meal in healthy subjects. **European Journal of Clinical Nutrition**, London, v. 59, n. 9, p. 983-988, Sept. 2005.

PA'SKO, P. et al. Effect of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa*) in diet on some biochemical parameters and essential elements in blood of high fructose-fed rats. **Food and Human Nutrition**, Abingdon, v. 65, n. 8, p. 333-338, Apr. 2010.

PELLET, P. L.; YOUNG, V. R. **Nutritional evaluation of protein foods**: report of a working group sponsored by the International Union of Nutritional Science and the United Nations University World Programme. Tokyo: The United Nations University, 1980. 153 p.

REEVES, P. G.; NIELSEN, F. H.; FAHEEY, G. C. AIN-93 purified diets for laboratory rodents: final report of the American Institute of Nutrition and Hoc Writing Committee on the reformulation of the AIN, 76^a rodent diet. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 123, n. 11, p. 1939-1951, Nov. 1993.

SCAZZINA, F. et al. Sourdough bread: starch digestibility and postprandial glycemic response. **Journal of Cereal Science**, London, v. 49, n. 11, p. 419–421, Aug. 2009.

SCHABES, F. I.; SIGSTAD, E. E. Calorimetric studies of quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) seed germination under saline stress conditions. **Thermochemica Acta**, Amsterdam, v. 428, n. 8, p. 71–75, Dec. 2004.

SEKI, T. et al. Insoluble fiber is a major constituent responsible for lowering the post-prandial blood glucose Concentration in the pre-germinated brown rice. **Biological & Pharmaceutical Bulletin**, Tokyo, v. 28, n. 8, p. 1539-1541, Oct. 2005.

SILVA, R. N. et al. Composição química de sementes de trigo (*Triticum aestivum l.*) submetidas a estresse salino na germinação. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 30, n. 1, p.148-155, jan./mar. 2008.

TAKAO, T. et al. Hypocholesterolemic effect of protein isolated from quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) seeds technol. **Food Science**, London, v. 11, n. 2, p.161-167, June 2005.

ANEXO

ANEXO A - Certificado de aprovação da comissão de bioética na utilização de animais

	<p>PRÓ-REITORIA DE PESQUISA - PRP NÚCLEO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA - Nintec COMISSÃO DE BIOÉTICA NA UTILIZAÇÃO DE ANIMAIS Cx. P. 3037 - Lavras - MG - 37200-000 - (35) 3829-1591/1127 cba@nintec.ufpa.br - nintec@nintec.ufpa.br</p>	
---	--	---

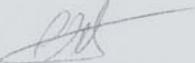
CERTIFICADO

Certificamos que o Protocolo nº 038/2010, relativo ao projeto intitulado "INFLUÊNCIA DO CONSUMO DE FARINHAS DE QUINOA (*Chenopodium quinoa*) PROCESSADAS NOS ÍNDICES GLICÊMICOS E LIPIDÊMICOS DE RATOS WISTAR", que tem como responsável Maria de Fátima Piccolo Barcelos, está de acordo com os Princípios Éticos da Experimentação Animal, adotados pela Comissão de Bioética na Utilização de Animais (Nintec/PRP-Ufla), tendo sido aprovado na reunião de 14/12/2010.

CERTIFICATE

We hereby certify that the Protocol nº 038/2010, related to the project entitled "INFLUENCE THE CONSUMPTION OF FLOUR OF QUINOA (*Chenopodium quinoa*) PROCESSED IN INDEX GLIYCEMIC AND LIPIDEMIC IN RATS WISTAR", under the supervision of Maria de Fátima Piccolo Barcelos, is in agreement with the Ethics Principles in Animal Experimentation, adopted by the Bioethic Committee in Utilization of Animals (NINTEC/PRP-Ufla), and was approved in December 14, 2010.

Lavras, 14 de dezembro de 2010.



Prof. Luis David Solis Murgas
 Presidente da Comissão de Bioética na Utilização de Animais

Universidade Federal de Lavras
 Pró-Reitoria de Pesquisa / NINTEC
 Campus Universitário -
 Caixa Postal 3037 / CEP 37200-000 - Lavras, MG - Brasil
 Tel. - +55 (35) 3829 1591 - Fax: 3828-1127
 cba@nintec.ufpa.br - www.rrp.ufpa.br