



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS**

**MÁRCIA FLACH GEWEHR**

**DESENVOLVIMENTO DE PÃO DE FORMA COM ADIÇÃO DE QUINOA**

Porto Alegre

2010



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS (PPGCTA)

## **DESENVOLVIMENTO DE PÃO DE FORMA COM ADIÇÃO DE QUINOA**

Márcia Flach Gewehr

(Engenheira de Alimentos – Universidade do Vale do Rio dos Sinos)

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos como um dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Dr<sup>a</sup>. Erna Vogt de Jong

Co-orientador: Dr<sup>a</sup>. Simone Hickmann Flôres

Gewehr, Márcia Flach  
G397d Desenvolvimento de pão de forma com adição de Quinoa / Márcia Flach Gewehr. -- Porto Alegre, 2010.

102f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Ciência e Tecnologia de Alimentos. Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2010.

Orientador: Erna Vogt de Jong

Bibliografia

1. Pão de forma - processamento. 2. Floco de Quinoa. 3. Análise físico-química de alimentos. 4. Alimento funcional. I. Título. II. Jong, Erna Vogt (orient.)

CDU 664.6

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos da UFRGS.

Márcia Flach Gewehr  
(Engenheira de Alimentos – Universidade do Vale do Rio dos Sinos)

## **DESENVOLVIMENTO DE PÃO DE FORMA COM ADIÇÃO DE QUINOA**

Submetida como parte dos requisitos para obtenção do grau de

### **MESTRE EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS.**

Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (PPGCTA)  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Porto Alegre, RS, Brasil.

Aprovada em:

Homologada por:

26 de fevereiro de 2010

Pela Banca Examinadora:

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Erna Vogt de Jong  
Orientadora – Dr<sup>a</sup>. em Ciência da Nutrição  
PPGCTA/UFRGS.

Prof. Dr. José Maria Wiest  
Coordenador do Programa de  
Pós-Graduação em Ciência e  
Tecnologia de Alimentos  
(PPGCTA)

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Simone Hickmann Flôres  
Co-orientadora – Dr<sup>a</sup>. em Engenharia de  
Alimentos - PPGCTA/UFRGS.

Prof. Dr. Adriano Brandeli  
Diretor do Instituto de Ciência e  
Tecnologia de Alimentos.  
ICTA/UFRGS

Banca: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Gilberti Helena Hubscher  
Lopes. Dr<sup>a</sup>. em Ciências Biológicas – PPG  
UNIVALE.

Banca: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Martha Zavariz de Miranda  
Dr<sup>a</sup>. em Tecnologia de Alimentos – Embrapa  
Trigo.

Banca: Prof. Dr. Plinho Francisco Hertz  
Dr. em Sciences Alimentaires -  
PPGCTA/UFRGS.

## **AGRADECIMENTOS**

À empresa Seven Boys, pelo apoio financeiro e pela dedicação na realização deste trabalho demonstrando interesse na troca de conhecimento entre universidade e empresa privada.

Aos meus orientadores, Erna e Simone, pelos ensinamentos partilhados, por terem acreditado na minha capacidade de tornar este trabalho possível, por me socorrerem nos momentos mais difíceis e, principalmente, pela incansável compreensão.

À Livia e a Daiane, que foram pessoas fundamentais para a realização do projeto, mostrando-se sempre dispostas.

Ao Carlos, sempre disposto a ajudar.

À Martha Zavariz Miranda, da Embrapa Trigo, por ter compartilhado seus conhecimentos, bem como pela realização das análises da farinha e cor dos pães.

À Myriam Salas Mellado, da Universidade Federal de Rio Grande, pela análise de textura dos pães.

Aos meus pais, Mario e Beatriz, pelos ensinamentos e incentivo.

Ao meu namorado Marcelo pela total compreensão e apoio. Obrigada pela paciência, dedicação e companheirismo.

A minha vó, Leonida, pelo carinho, apoio, ajuda nesses dois anos.

A Deus por iluminar o meu caminho, bem como as minhas escolhas.

## RESUMO

A quinoa é um grão andino com elevado potencial de ser considerada como cultura mundial devido a quantidade e variedade de nutrientes existentes. Este pseudocereal enquadra-se no contexto do mercado consumidor que almeja produtos diferenciados, especialmente com aspectos nutricionais relevantes. Este trabalho teve por objetivo analisar a composição dos flocos de quinoa utilizados, uma vez que fatores genéticos, climáticos, entre outros, interferem na composição dos nutrientes, além de elaborar e avaliar pães de forma adicionados desse pseudocereal. Determinou-se umidade, cinzas, lipídios, composição de ácidos graxos, proteínas, composição em aminoácidos, fibras e suas frações, tocoferóis e minerais (sódio, cálcio, ferro, zinco e fósforo). Em virtude dos flocos apresentarem alto teor protéico, perfil aminoacídico condizente com a recomendação da FAO, elevado teor de fibras, fósforo, ferro, além de maior quantidade de lipídios como ácidos graxos insaturados e quantidades apreciáveis de  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ , e  $\delta$ -tocoferóis, elaborou-se pães de forma com substituição da farinha de trigo por zero, 10, 15 e 20% de flocos de quinoa, utilizando-se o método esponja de panificação e mantendo-se os parâmetros de processo constantes. Análises físico-químicas foram realizadas na farinha de trigo e nos flocos de quinoa. Determinou-se o volume específico, a cor do miolo e a composição nutricional dos pães. Observou-se que, a adição progressiva de flocos de quinoa, tornou o miolo mais escuro, reduziu o volume específico do pão, elevou de forma crescente o teor de proteína, de fibras totais e insolúveis e de tocoferóis. Pela análise sensorial verificou-se boa aceitabilidade para os pães com substituição da farinha de trigo por 15% e 20% de quinoa e estes foram utilizados para avaliar, através de experimento biológico, os possíveis benefícios à saúde. O aumento de tocoferóis ( $\alpha$ ,  $\gamma$ , e  $\delta$ -tocoferóis) no pão com 20% de quinoa melhorou o perfil lipídico do sangue e da gordura do fígado dos animais experimentais, em relação ao pão padrão. Estes resultados indicaram que, possivelmente, os flocos de quinoa poderão ser adicionados em alimentos para agregar valor ao produto. No entanto, novos estudos, envolvendo tipo de processamento e as perdas nutricionais decorrentes destes, devem ser feitos para melhor avaliação.

**Palavras-Chaves:** flocos de quinoa, pão, composição físico-química, tocoferóis, perfil lipídico, análise sensorial.

## ABSTRACT

Quinoa is a grain from the Andes with a high potential as a world wide crop due to the quantity and variety of existing nutrients. This pseudocereal fits into the consumer market context that looks for differentiated products, especially having relevant nutritional aspects. The purpose of this work was to analyze the composition of quinoa flakes used, once genetic and climate factors, among others, interfere in the composition of the nutrients; as well as to develop and evaluate bread loaves with the addition of this pseudocereal. The humidity, ashes, lipid, composition of fat acids, proteins, amino acid composition, fibers and their fractions, tocopherols and minerals (sodium, calcium, iron, zinc and phosphorous) were determined. Due to the fact that the flakes present high protein level, amino acid profile that meets guidelines from FAO, high levels of fibers, phosphorous, iron, besides a higher quantity of lipids as unsaturated fat acids and valuable quantities of  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ , and  $\delta$ -tocopherols, white bread loaves were developed, substituting quinoa flakes for zero, 10, 15 and 20% of the flour, using the sponge method and maintaining the process parameters constant. Physicochemical analyses were performed both with the flour and quinoa flakes. The specific volume, color of the inner part and nutritional composition of the bread loaves were determined. It was noticed that the progressive addition of quinoa flakes made the inner part become darker, reduced the specific volume of the loaf, and gradually increased the protein level and the level of total and insoluble fibers and the tocopherols. Through sensorial analysis it was observed a good acceptance for the loaves of bread with the replacement of 15% and 20% of flour by quinoa and these were used to evaluate, through a biological experiment, the possible benefits for the health. The increase of tocopherols ( $\alpha$ ,  $\gamma$ , and  $\delta$ - tocopherols) in the 20% bread loaf improved the lipid profile of the blood and of fat in the liver of the trial animals, when compared with standard bread. These results indicated that, very likely, the quinoa flakes can be added to food in order to add value to the product. However, further studies, involving the processing and the nutritional loss due to it, must be carried out to perform a better evaluation.

**Keywords:** quinoa flakes, bread, physicochemical composition, tocopherols, lipid profile, sensorial analysis.

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1. Fluxograma de processamento de pães.....	16
--	----

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1. Fenômenos que ocorrem no pão durante a fase de cocção.....	23
--	----



## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	9
2. JUSTIFICATIVA .....	10
3. OBJETIVOS .....	11
3.1. Objetivo Geral .....	11
3.2. Objetivos Específicos .....	11
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	12
4.1. Alimentos Funcionais .....	12
4.2. Pães .....	12
4.2.1. Principais Ingredientes dos Pães .....	13
4.2.2. Fluxograma de Processamento.....	15
4.3. Quinoa.....	24
5. ARTIGOS CIENTÍFICOS.....	27
5.1. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE FLOCOS DE QUINOA: CONTRIBUIÇÃO PARA A UTILIZAÇÃO EM PRODUTOS ALIMENTÍCIOS .....	28
5.2. ELABORAÇÃO E AVALIAÇÃO DE PÃES DE FORMA ADICIONADOS DE FLOCOS DE QUINOA .....	44
5.3. AVALIAÇÃO DA FUNCIONALIDADE DE PÃES DE FORMA ELABORADOS COM FLOCOS DE QUINOA ATRAVÉS DE ENSAIOS BIOLÓGICOS .....	74
6. DISCUSSÃO GERAL .....	95
REFERÊNCIAS .....	100

## 1. INTRODUÇÃO

A *Chenopodium quinoa* é uma planta alimentícia da área andina e seu cultivo data de 5000 anos a.C. Os incas reconheceram há muito tempo seu alto valor nutricional (LEÓN e ROSELL, 2007). Esta é difundida na América do Sul e o seu principal campo de uso está na alimentação, sendo todas as partes da planta utilizadas (MADL et al., 2006) uma vez que este pseudocereal apresenta composição variada, proteína de alto valor biológico e maiores níveis de cálcio, zinco, fósforo, vitaminas do complexo B quando comparado com aveia, arroz, milho (KONISHI et al., 2004; KOZIOL, 1992). Os astecas e os incas acreditavam que a quinoa tinha propriedades medicinais, tais como redução do colesterol sanguíneo, tolerância à glicose e redução das exigências de insulina (DOGAN e KARWE, 2003).

Em vista disto, torna-se realmente interessante adicionar quinoa em alimentos para melhorar a composição nutricional destes produtos. Assim, seu uso em pães apresenta certa significância uma vez que estes são constituídos basicamente por farinha de trigo, gordura, água, sal e açúcar. Os pães, no seu processamento, permitem o acréscimo de quinoa com a finalidade de melhorar o seu conteúdo nutricional, uma vez que ela é constituída por consideráveis quantidades de proteínas.

Os pães podem estar relacionados com alimentos funcionais que, além de fornecerem a nutrição básica, promovem a saúde através de mecanismos não previstos na nutrição convencional, devendo ser salientado que esse efeito restringe-se à promoção da saúde e não à cura de doenças (SANDERS e KLAENHAMMER, 2001).

O objetivo dessa pesquisa foi desenvolver pães adicionados de quinoa, com a finalidade de torná-los alimento funcional, em função das características nutricionais do pseudocereal adicionado.

## 2. JUSTIFICATIVA

O mercado de alimentos funcionais tem crescido continuamente e já apresenta potencial de vendas bastante significativo em função do consumidor, de formadores de opiniões e do próprio mercado. Isso ocorre, em relação ao primeiro grupo, devido ao aumento da expectativa de vida, crescimento do mercado de automedicação, aumento do uso de produtos naturais pela população e também pela conscientização de hábitos alimentares saudáveis. Além disso, médicos e nutricionistas ressaltam a influência da alimentação na saúde e hábitos alimentares saudáveis como forma de prevenir doenças. Por fim, o mercado consumidor busca produtos com maior valor agregado e, conseqüentemente, maior lucro líquido (ALIMENTOS, 2000).

Os alimentos funcionais correspondem a uma fatia pequena dentro da indústria da alimentação. Dos R\$ 88,2 bilhões que as fábricas brasileiras do setor faturaram em 2006, apenas R\$ 700 milhões (0,8%) foram provenientes das vendas de alimentos funcionais. Porém, enquanto o ramo de alimentos cresceu entre 4,5% e 5% em 2007, os funcionais tiveram expansão de 12% a 14%. Estes dados são da Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação (ABIA) (RIBEIRO, 2007).

Além disso, vale ressaltar o aumento do consumo de grãos uma vez que estes estão relacionados com a redução de doenças degenerativas como aterosclerose, câncer, diabetes devido à presença de antioxidantes que inibem a ação de radicais livres (FLIGHT e CLIFTON, 2006). Nesse contexto, torna-se interessante analisar o grão de quinoa uma vez que esse pseudocereal contém proteína de alto valor biológico, equilíbrio em aminoácidos, com lisina e triptofano em quantidades apreciáveis, além de vitaminas, minerais e ácidos graxos (KOZIOL, 1992).

Considerando o valor nutricional da quinoa, justifica-se esta pesquisa devido ao aumento do consumo de pães e a crescente importância das análises de constituintes funcionais de produtos alimentares.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo Geral**

Desenvolver e avaliar as características de pães adicionados de flocos quinoa, visando sua funcionalidade.

#### **3.2. Objetivos Específicos**

- Realizar análises físico-químicas para caracterização dos flocos de quinoa e da farinha de trigo utilizada nos experimentos.
- Elaborar pães de forma com diferentes teores de quinoa com intuito de verificar o processamento, como também a aceitação através de análise sensorial.
- Realizar análises físico-químicas dos produtos desenvolvidos.
- Avaliar, através de ensaios biológicos, os pães de forma, aprovados sensorialmente, visando a confirmação ou não da hipótese sobre a funcionalidade deste pseudocereal.

## 4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 4.1. Alimentos Funcionais

Vários estudos têm demonstrado a associação entre a dieta e doenças crônico-degenerativas e, assim, têm-se atribuído aos alimentos outras funções. Neste contexto, surge uma nova categoria de alimentos, denominados alimentos funcionais (PIMENTEL et al., 2005). Na realidade, essa categoria surgiu há 2500 anos, quando Hipócrates declarou: "Faça do seu alimento seu medicamento".

Segundo a Resolução nº 18, de 30 de abril de 1999 da ANVISA (BRASIL, 1999), existe distinção entre propriedade funcional e alegação de propriedade de saúde, como segue:

- *Alegação de propriedade funcional*: é aquela relativa ao papel metabólico ou fisiológico que o nutriente ou não nutriente tem no crescimento, desenvolvimento, manutenção e outras funções normais do organismo humano.

- *Alegação de propriedade de saúde*: é aquela que afirma, sugere ou implica a existência de relação entre o alimento ou ingrediente com doença ou condição relacionada à saúde.

Dessa forma, a alegação de propriedade funcional ou de saúde deve estar baseada em evidências científicas, como ensaios nutricionais, e/ou fisiológicos e/ou toxicológicos em experiências com animais, ensaios bioquímicos, estudos epidemiológicos e ensaios clínicos.

### 4.2. Pães

Pão é o produto obtido da farinha de trigo e ou outras farinhas, adicionado de líquido, resultantes do processo de fermentação ou não e cocção, podendo conter outros ingredientes, desde que não descaracterizem os produtos. Pode apresentar cobertura, recheio, formato e textura diversos (BRASIL, 2005).

### 4.2.1. Principais Ingredientes dos Pães

#### ➤ Farinha de Trigo

A farinha de trigo é o produto obtido a partir da espécie *Triticum aestivum*, ou de outras espécies do gênero *Triticum*, reconhecidas através do processo de moagem do grão de trigo beneficiado (OWENS, 2001).

A composição da farinha de trigo é alterada de acordo com a variedade do trigo e do seu grau de extração. Os lipídios correspondem a menos de 2%, as cinzas a menos de 0,5% e as proteínas equivalem a aproximadamente 12% da composição da farinha (STAUFFER, 1990). Das proteínas totais do trigo, 15% correspondem a proteínas não formadoras de glúten, globulinas e albuminas e 85% a proteínas formadoras de glúten, gliadina (alta extensibilidade e baixa elasticidade) e glutenina (baixa extensibilidade e alta elasticidade) (OWENS, 2001).

Durante a mistura, a formação do glúten acontece em diferentes estágios: no primeiro, as moléculas de proteína são hidratadas e as suas fibrilas aderem às outras, formando uma rede desorganizada de fios espessos. A ação mecânica torna os fios mais finos e os orienta na direção em que foram submetidos à força, permitindo a interação entre eles. No último estágio, aparece o pico de consistência, no qual as fibrilas de proteína têm seu diâmetro reduzido significativamente e interagem mais bidimensionalmente que em um único eixo. Neste estágio, a massa pode ser estendida em forma de filme contínuo (STAUFFER, 1990).

O principal carboidrato da farinha de trigo é o amido, responsável por aproximadamente 65% da sua composição. Os maiores componentes deste são a amilose (23%) e a amilopectina (73%) (STAUFFER, 1990).

#### ➤ Água

A água tem importância primordial na formação da massa uma vez que controla a consistência e a temperatura desta. Hidrata também a farinha, assegura a união das proteínas que dão origem ao glúten, hidrata o amido, deixando-o mais digerível, além de fornecer meio propício ao desenvolvimento da atividade enzimática e, conseqüentemente, à fermentação do pão (VITTI, 2001).

➤ Sal

Atua principalmente sobre as características da massa, uma vez que a gliadina, um de seus componentes, tem menor solubilidade na água com sal, resultando na formação de maior quantidade de glúten. Além disso, o emprego de sal no processamento do pão resulta em glúten mais rígido devido à formação de fibras curtas, tornando a massa mais compacta e, conseqüentemente, mais fácil de trabalhar do que aquela obtida sem sal (QUAGLIA, 1991).

Por fim, a adição de sal confere as seguintes características ao produto: maior resistência e capacidade de retenção de gases uma vez que o sal normaliza a atividade do fermento, isto é, controla a fermentação. Melhora a hidratação da massa (sem que se torne pegajosa), favorece a coloração da casca e contribui para um aroma mais intenso (QUAGLIA, 1991; VITTI, 2001).

➤ Fermento Biológico

Fermento biológico é o produto obtido de culturas puras de leveduras, por procedimento tecnológico adequado. Melhora o sabor, aumenta o volume e a porosidade dos produtos forneados (VITTI, 2001).

➤ Gordura

As gorduras atuam como principal lubrificante da massa deixando-a mais branda, permitindo o deslizamento das camadas de glúten evitando que a massa se torne quebradiça. Outra propriedade importante dos lipídios é a conservação do pão durante a vida-de-prateleira, pois atuam nas paredes de bolhas de gás, melhorando a sua impermeabilização, e aumentando a resistência à saída de vapor de água, conseqüentemente, evitando a retrogradação do amido (BRASIL, 2006).

Assim, a gordura melhora a textura, a retenção de umidade e a conservação do pão, além de contribuir para a retenção gasosa e o volume (VITTI, 2001).

➤ Açúcar

O açúcar serve como alimento do fermento biológico, além de ter efeito sobre as características organolépticas do produto final, isto é, sobre a cor da superfície e

seu aroma. A cor da superfície do pão deve-se a reação entre os açúcares e os aminoácidos (reação de Maillard) e a caramelização dos açúcares pelo calor: segundo o tipo e a quantidade de açúcar utilizado, obtém-se cor escura mais ou menos intensa (QUAGLIA, 1991).

Este ingrediente atua também na formação do aroma (reação de Maillard) e assegura melhor conservação do produto já que permite melhor retenção da umidade, mantendo mais tempo a textura do pão, atrasando o processo de endurecimento (QUAGLIA, 1991).

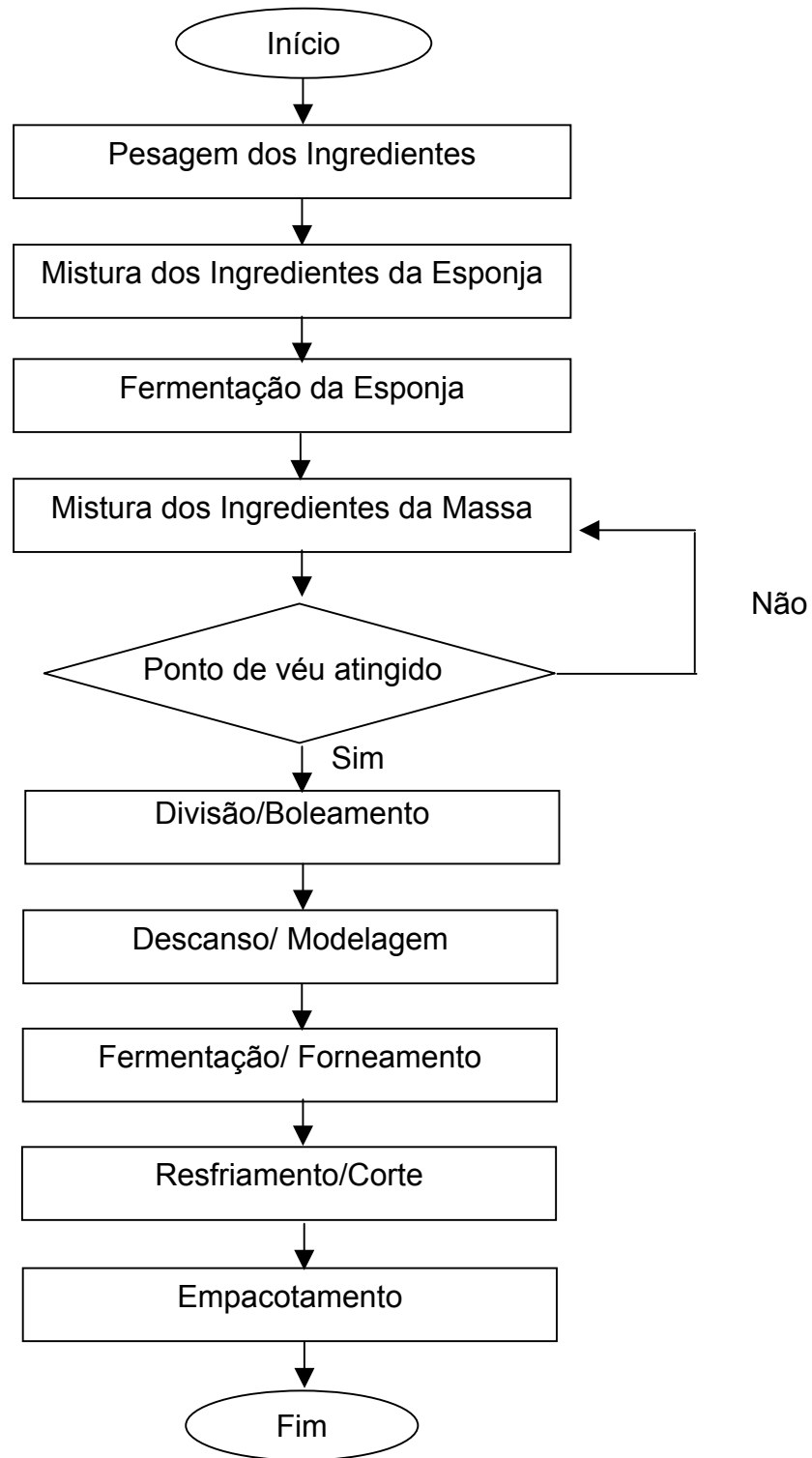
#### **4.2.2. Fluxograma de Processamento**

O pão pode ser fabricado pelo método convencional, que pode ser realizado através de massa direta ou massa esponja.

O método esponja apresenta vantagens nos atributos do produto devido a melhoria no desenvolvimento do glúten, sabor e aroma mais acentuados e diferenciados, além de maior durabilidade em relação ao outro método. Assim, o processo esponja agrega valor ao produto conferindo características de pão artesanal (BANNWART, 2001).

A Figura 1 mostra o fluxograma de processamento padrão de pães utilizando o processo esponja.





**Figura 1.** Fluxograma de processamento de pães.

Fonte: Adaptado de Guedes (1998).

## Mistura dos ingredientes da esponja

A primeira fase de mistura, ou seja, preparação da esponja, consiste na mistura da massa com farinha de trigo (em torno de 25% do total de farinha da formulação ou até mesmo 66%), fermento, água, aditivos e outros ingredientes (BANNWART, 2001; HOSENEY, 1991).

Mistura-se essa massa, na amassadeira em velocidade lenta com o objetivo de homogeneizar os ingredientes, aerar e assegurar o trabalho mecânico sobre a massa, para desenvolver uma boa estrutura de glúten (VITTI, 2001).

## Fermentação da esponja

É uma fermentação alcoólica e anaeróbica produzida pela ação do fermento biológico (leveduras) sobre os açúcares presentes na massa. Seu papel é produzir gás carbônico e modificações físico-químicas, que interferem nas propriedades plásticas da massa, participando da formação do sabor e aroma do pão (OWENS, 2001). Estas duas últimas características organolépticas, nessa fase, são o diferencial no produto final, pois no preparo da esponja, adiciona-se menor quantidade de fermento em comparação com o método direto de panificação, tendo-se uma fermentação que será mais lenta e, conseqüentemente, mais ácida devido a maior produção de compostos aromáticos que aumentam a acidez da massa. Estes compostos serão responsáveis por aroma e sabor diferenciados no produto (BANNWART, 2001).

Durante esta etapa ocorre uma séria de modificações, cujo principal responsável é a levedura *Saccharomyces cerevisiae*. Estes microrganismos são adicionados à massa porque, ao se multiplicarem, e realizarem seu metabolismo normal, produzem gás, que expande a massa tornando-a mais aerada e leve. No início da fermentação, as leveduras passam por uma fase de adaptação ao meio. Usando o seu sistema enzimático, consomem os açúcares provenientes da farinha, como a maltose formada pela hidrólise do amido, transformando-os em gás carbônico (CO<sub>2</sub>) e álcool (VITTI, 2001).

Na fermentação participam ativamente os grânulos danificados de amido, que são susceptíveis à ação enzimática. Durante este período, a  $\alpha$ -amilase começa a agir sobre as cadeias de amilose e amilopectina dos grânulos danificados. O resultado é a liberação de unidades de maltose na massa, que serão consumidas

posteriormente, durante estágios mais avançados da fermentação. A ação da  $\alpha$ -amilase, desde que não seja excessiva, é benéfica, uma vez que assegura constante fornecimento de substrato e, assim, a fermentação não é interrompida.

Após a etapa de mistura dos ingredientes na amassadeira, a massa tem geralmente pH 6,0. Durante a fermentação o pH diminui devido a dissolução do dióxido de carbono em água produzindo, dessa maneira, ácido carbônico. O dióxido de carbono fica retido na massa do pão em duas fases: em forma de gás (dentro das bolhas gasosas) e dissolvido na forma aquosa (HOSENEY, 1991).

De modo geral, a massa é constituída por um sistema protéico de glúten insolúvel, altamente hidratado, com amido e bolhas de ar em forma de fases descontínuas e com células de leveduras dispersas. Essas células produzem principalmente  $\text{CO}_2$ , que satura a água. Uma vez saturada a água, o excesso de  $\text{CO}_2$  incorpora-se, por difusão, nas bolhas de ar feitas na massa na etapa anterior (mistura). O volume total aumenta, ou seja, a massa se esponja devido a propriedade de fluido viscoso desta que permite a expansão da bolha para equilibrar a pressão (HOSENEY, 1991).

### **Mistura dos ingredientes da massa**

Esta etapa tem a finalidade de homogeneizar os ingredientes, aerar e assegurar o trabalho mecânico sobre a massa, iniciando o desenvolvimento do glúten formado pela hidratação das proteínas da farinha até a obtenção de uma massa com propriedades viscoelásticas adequadas (VITTI, 2001).

A fase de mistura consiste em misturar farinha de trigo, água, fermento e todos os outros ingredientes previstos na formulação juntamente com a massa esponjada.

A água, um dos ingredientes principais nessa fase, é dosada de acordo com as características qualitativas e quantitativas da farinha (granulometria, conteúdo protéico, umidade) e auxilia a controlar a temperatura da massa.

Inicialmente, a farinha e os demais ingredientes entram em contato com a água, se solubilizam e a massa começa a se formar, apresentando-se bastante desuniforme (BANNWART, 2001). As partículas da farinha de trigo são densas e a água penetra nelas lentamente por difusão. À medida que as partículas hidratadas se chocam umas contra as outras e contra a parede e o mexedor da amassadeira, se remove a superfície hidratada expondo uma nova capa de partículas ao excesso

de água do sistema (HOSENEY, 1991). Assim, duas proteínas insolúveis presentes naturalmente na farinha de trigo (gliadinas e gluteninas) hidratam-se e se rearranjam formando uma rede tridimensional, o glúten, que confere propriedades viscoelásticas à massa (VITTI, 2001). A aparência da massa fica nitidamente alterada: de úmida e pegajosa no início da mistura, ela se torna firme, homogênea, lisa e enxuta, no final, não mais aderida às paredes da amassadeira. No ponto máximo de desenvolvimento da massa, pode-se observar a formação de um filme elástico, que pode ser esticado sem se romper, ou seja, o “ponto de véu” (BANNWART, 2001).

A massa pronta não apresenta partículas intactas de farinha, mas uma mistura aleatória de fibrilas de proteína com grânulos de amido aderidos, pois estes também se hidratam (HOSENEY, 1991).

Outro aspecto importante desta etapa é a incorporação de ar que diminui a densidade da massa tornando-a mais coesiva. O ar produz poros nos quais se difunde o gás carbônico. Dessa forma, quanto mais bolhas de ar, mais fina será a estrutura do produto forneado (HOSENEY, 1991).

O tempo de mistura da massa pode ser diretamente influenciado pelos ingredientes adicionados, principalmente pela farinha utilizada. Caso não se tenha todo o parâmetro da especificação da farinha, deve-se deixar a massa trabalhar o tempo que for necessário para que fique lisa e elástica e não ofereça mais resistência ao trabalho da máquina. Porém, deve-se ter cuidado para não trabalhar demais a massa, porque além de destruir sua estrutura, pode-se gerar um super aquecimento, ocasionando processo fermentativo antes da hora, atrapalhando assim as demais etapas (CALVEL, 1987).

## **Divisão**

Esta operação, realizada após a mistura dos ingredientes até a obtenção de uma massa firme, homogênea, lisa e enxuta, tem por finalidade a obtenção de pedaços de massa de peso apropriado ao tamanho dos pães que devem ser fabricados (OWENS, 2001).

## **Boleamento**

O boleamento é uma fase intermediária que tem por objetivo auxiliar a formação de uma superfície contínua, eliminando a pegajosidade da massa, dando-lhe ao mesmo tempo uma forma regular, ou seja, a de uma bola homogênea,

facilitando o manuseio durante o processamento posterior (VITTI, 2001).

### **Descanso**

A massa deve repousar para haver o relaxamento da rede de glúten a fim de recuperar parte de sua resistência perdida durante o amassamento (OWENS, 2001).

### **Moldagem**

A fase de moldagem do processo de produção de pão tem por finalidade melhorar a textura e a estrutura do pão, assim como dar forma apropriada ao produto.

Os moldadores são projetados com o objetivo de desgaseificar e achatar, enrolar e selar a massa (VITTI, 2001).

Ao passar a massa pelos modeladores, as bolhas de gás contidas subdividem-se produzindo muito mais bolhas e menores auxiliando para uma estrutura de pão muito mais fina. Além disso, nessa etapa, as fibrilas do glúten parecem alinhar-se (HOSENEY, 1991).

### **Fermentação**

Como os pedaços de massa perdem gases na fase de moldagem, é essencial permitir um descanso final da mesma com a finalidade de readquirir volume adequado influenciando diretamente a qualidade da textura e das células do miolo do produto final (QUAGLIA, 1991).

A fermentação é uma etapa de descanso da massa, após impactos mecânicos sofridos nas etapas anteriores. Seus objetivos são: a produção de gás dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), a complementação do desenvolvimento do glúten e a produção de sabor e aroma na massa do pão devido a formação de compostos aromáticos (BANNWART, 2001).

Em geral é preferível que durante a fermentação se produza pequena quantidade de gás carbônico. Grandes produções de gás, implicam na perda da qualidade do produto, pois o dióxido de carbono se produz a partir de açúcares fermentescíveis.

Durante esta etapa ocorre uma série de modificações, cujo principal responsável é a levedura *Saccharomyces cerevisiae* (VITTI, 2001).

Nessa etapa, os açúcares da massa podem ser provenientes da farinha e/ou da adição deste ingrediente na formulação ou da própria massa pela ação das enzimas sobre o amido (BANNWART, 2001). No início da fermentação, as leveduras passam por uma fase de adaptação ao meio e, para facilitar e acelerar seu metabolismo adiciona-se açúcar (sacarose) à massa. Este açúcar é imediatamente transformado pela levedura em glicose e frutose, açúcares mais simples que são rapidamente metabolizados (VITTI, 2001).

Para o mesmo autor, as leveduras, inicialmente, atacam os açúcares fermentescíveis que estão presentes na farinha, como a maltose formada pela hidrólise do amido e, em segundo passo, os açúcares adicionados à massa.

Tanto nessa fermentação quanto na da esponja, participam ativamente os grânulos danificados de amido, que são susceptíveis à ação enzimática.

Como consequência de todas essas mudanças químicas, as mudanças físicas observadas na fermentação, segundo Bannwart (2001) e Quaglia (1991), são as seguintes:

- Aumento da temperatura da massa: nos processos de 3 à 4 horas de fermentação a temperatura da massa sobe entre 1,4 – 1,9°C.
- Perda de água: a perda por evaporação pode ser evitada, mantendo-se a umidade na câmara de fermentação na faixa de 80-90%.
- Variação da consistência: o amolecimento da massa devido a variações de elasticidade e plasticidade. Esta variação da consistência deve-se aos teores de álcool e CO<sub>2</sub> formados na fermentação, que geram modificações nas proteínas do glúten.
- Aumento do volume: a massa cresce até determinado limite, isto devido à formação de gases, retidos pela rede de glúten. O CO<sub>2</sub> produzido se espalha pelas bolhas de ar que foram incorporadas à massa durante a etapa de mistura, fazendo com que o pão cresça e apresente miolo com boa granulosidade ao final do processo.

Alguns efeitos da fermentação só aparecem após o assamento. Quando a massa fermenta por tempo menor do que o ideal, o pão terá baixo volume, células muito fechadas, crosta grossa e de cor marrom avermelhada. Se a massa tem fermentação mais longa, os pães apresentam crosta de cor pálida, granulosidade grosseira, textura ruim e aroma muito ácido (BANNWART, 2001).

## Forneamento

O objetivo principal desta fase é o tratamento térmico do amido e da proteína, juntamente com a inativação das enzimas e do fermento, permitindo a formação da crosta, desenvolvimento de aroma, sabor e melhor palatibilidade (VITTI, 2001).

O primeiro efeito observado quando a massa é colocada no forno, é a formação de uma fina camada na superfície, pois esta seca rapidamente uma vez que a umidade se vaporiza rapidamente quando em contato com o ar seco e alta temperatura.

Nos primeiros minutos em que o pão permanece no forno, a massa continua com aumento progressivo e regular de volume, que representa o chamado “salto de forno”. Isto ocorre, pois há aumento na produção de CO<sub>2</sub> devido a ativação da levedura pelo aumento de temperatura, aumento da pressão interna dos gases (CO<sub>2</sub>, vapor de água e vapor de álcool) que fazem a massa se expandir com a elevação da temperatura (BANNWART, 2001; HOSENEY, 1991) até atingir temperatura entre 50-60°C (VITTI, 2001). Além disso, ocorre perda de peso do pão devido a evaporação da água, álcool e de outros compostos que escapam à medida que sobe a temperatura durante o cozimento (BANNWART, 2001). Na realidade, nessa fase ocorre movimento (do interior para o exterior) de moléculas de água que, ao alcançarem a superfície evaporam a 100°C. A temperatura que se instaura no produto tende a diminuir no seu interior (QUAGLIA, 1991).

Para o mesmo autor, além da evaporação da água também ocorre volatilização de todas as substâncias com temperatura de evaporação inferior a 100°C, como, por exemplo, álcool etílico e todas as substâncias aromáticas que se formam tanto na fermentação como na cocção (aldeídos, éteres, ácidos). A volatilização depende não somente da concentração destas substâncias no pão, como também da capacidade de retenção de gases pela massa devido à elasticidade proporcionada pelo glúten.

Quando a massa atinge a temperatura aproximadamente de 70°C, ocorre a desnaturação do glúten, formando uma estrutura rígida e porosa. Na desnaturação, há expulsão de água da proteína e esta será utilizada na gelatinização do amido. Assim, quando a temperatura chega em torno de 50°C, o amido começa absorver água presente na massa e aumentar de tamanho. Devido à quantidade de água ser insuficiente para a completa gelatinização, o amido é parcialmente gelatinizado e dará sustentação à estrutura de glúten desnaturado (BANNWART, 2001).

Durante o forneamento, a evaporação da parede externa diminui enquanto a temperatura aumenta, pois durante a cocção existe redução das moléculas de água que alcançam a superfície e se evaporam, por conseguinte há aumento gradual da temperatura sobre a superfície externa que provoca a formação da crosta, tanto mais espessa quanto maior a duração da fase de cocção. A temperatura alcançada no interior da massa é inferior a 100°C e depende do tamanho e tempo de forneamento. Porém, temperaturas superiores a 100°C podem ocorrer na superfície do produto, mas não deve superar 120°C – 140°C (QUAGLIA, 1991). A crosta forma-se, torna-se espessa e a caramelização dos açúcares residuais, associada à reação desses açúcares com as substâncias protéicas (reação de Maillard) provocam sua coloração (CALVEL, 1987).

A reação de Maillard ocorre entre os açúcares redutores (glicose e frutose) e o grupo amino dos aminoácidos. Dependendo da quantidade de açúcar e de aminoácidos presentes, da variedade desses compostos, da umidade, pH, e temperatura do cozimento, variam os produtos finais da reação de Maillard.

Com o passar de tempo no forno, aumenta a temperatura no interior do pão ocorrendo transformações químicas, físicas e biológicas, conforme Tabela 1.

**Tabela 1** - Fenômenos que ocorrem no pão durante a fase de cocção.

<b>Temperatura</b>	<b>Fenômenos que ocorrem no interior da massa durante a cocção</b>
30°C	Expansão do gás e produção enzimática de açúcares;
45 – 50°C	Morte de sacaromicetos;
50 – 60°C	Forte atividade enzimática, início da solubilização do amido;
60 – 80°C	Final da solubilização do amido;
100°C	Desenvolvimento e produção de vapor de água, formação da crosta, que cede água;
110 – 120°C	Formação de dextrina na crosta que cede água (clara e amarelada);
130 – 140°C	Formação de dextrina parda;
140 – 150°C	Caramelização da crosta;
150 – 200°C	Produto crocante e aromático (pardo escuro);
> 200°C	Carbonização (massa porosa e negra).

Fonte: Quaglia (1991).



## Resfriamento e Corte

Os pães, ao saírem do forno, estão excessivamente quentes e devem ser resfriados aproximadamente à temperatura ambiente, antes de serem submetidos ao fatiador, para posterior embalagem (GERHARD e WOLFGANG, 1991).

O corte do pão quente pode causar deformação, quando colocado morno na embalagem ocorrerá condensação de umidade, com o subsequente crescimento de fungos e outras deteriorações. Existem várias maneiras de fazer o resfriamento do pão, sendo a mais simples colocá-lo à temperatura ambiente, embora seja lento e necessite de muito espaço. Um sistema mais econômico e higiênico seria o de esteiras que se movessem lentamente e entrassem em contato com um ventilador, variando o ciclo de resfriamento de 50-90 minutos, devendo estas esteiras ser freqüentemente higienizadas e esterilizadas (GERHARD e WOLFGANG, 1991).

## Empacotamento

O empacotamento do pão pode ser feito manualmente ou por máquinas de embalagem de alta velocidade. Vários tipos de materiais podem ser utilizados para embalar os produtos de panificação, incluindo o celofane, celofane coberto com nitrocelulose ou cloreto de polivinilideno. Esses materiais, além do melhor visual, da boa proteção à umidade e ao aroma, apresentam excelente vedação, embora sejam geralmente de custo elevado (GERHARD e WOLFGANG, 1991).

Os materiais de embalagem de polipropileno e polietileno são os mais comuns e os mais vendidos, a preços relativamente baixos, sendo considerados excelentes materiais para o empacotamento de pães em geral.

### 4.3. Quinoa

A quinoa é uma planta alimentícia da área andina e seu cultivo data de 5000 anos a.C. Na atualidade, é cultivada na Bolívia, Peru, Estados Unidos, Equador e em algumas áreas da Colômbia, Chile e Argentina (LEÓN e ROSELL, 2007).

Seu nome científico é *Chenopodium quinoa*, um pseudocereal, também conhecido como pseudooleginosa (CUSACK, 1984), do gênero *Chenopodium*, família *Chenopodiaceae*. A planta alcança um tamanho entre 0,5 e 2 m. Seu galho pode ser reto ou ramificado e sua cor, variável. O grânulo varia de tamanho entre 1,5

e 2,5 mm de diâmetro, dependendo da variedade e a cor pode ser creme, chumbo, amarelo, rosa, roxo e vermelho. Na semente, o pericarpo contém uma substância amarga, a saponina (LEÓN e ROSELL, 2007).

Para os mesmos autores, os grãos de quinoa não devem ser utilizados diretamente na elaboração de alimentos devido ao sabor amargo. Por isso, devem passar por processo visando eliminar compostos químicos, principalmente as saponinas, que são moléculas orgânicas pertencentes aos grupos de esteróides e triterpenóides, com alta solubilidade em água, soluções de NaCl, NaOH ou etanol. Outros compostos podem provocar ou acentuar sabores indesejáveis, dentre eles: a fração insaponificável da gordura (substâncias precursoras de saponinas, tais como esteróides, “escualeno”, terpenóides), os ácidos graxos oxidados, sais minerais de magnésio, oxalatos, etc.

A quinoa tem elevado potencial como cultura mundial, pois não contém glúten (LEÓN e ROSELL, 2007; GORINSTEIN et al., 2008) além de ser considerada importante fonte de proteínas, devido a sua digestibilidade e composição equilibrada em aminoácidos essenciais. Em experimentos com ratos verificou-se, através de análise do coeficiente de eficácia protéica, digestibilidade verdadeira e balanço de nitrogênio, semelhança entre a eficiência da proteína da quinoa e a do leite (RANHOTRA et al., 1993), sendo este fato confirmado em estudo com humanos utilizando tanto semente como farinha do pseudocereal (KOZIOL, 1992). Análise da composição nutricional de sementes de quinoa revelou concentrações de proteína variando de 7,47% para 22,08%, com média de 13,81% (BHARGAVA et al., 2006), sendo estas, principalmente, do grupo das albuminas e das globulinas (45%) (LEÓN e ROSELL, 2007).

Sua composição, em ácidos graxos, é semelhante ao óleo de soja (KOZIOL, 1992) com 82,71% de ácidos graxos insaturados. São de grande importância para o organismo ao manter a fluidez dos lipídios das membranas. A quinoa apresenta 797,2 ppm de  $\gamma$ -tocoferol e 721,4 ppm de  $\alpha$ -tocoferol em comparação com o óleo de milho, possui 251 ppm de  $\alpha$ -tocoferol e 558 ppm de  $\gamma$ -tocoferol, garantindo, dessa forma, maior tempo de conservação pelo poder antioxidante do  $\gamma$ -tocoferol (REPO-CARRASCO et al., 2003).

Dos ácidos graxos totais 11% são saturados, sendo predominante o ácido palmítico. Os ácidos linoléico, oléico, e  $\alpha$ -linolênico aparecem nas concentrações de 52,3; 23,0; 8,1% dos ácidos graxos totais, respectivamente (REPO-CARRASCO et al., 2003).

A quinoa contém relativamente quantidades elevadas de gordura (6%) em comparação com cereais. Embora haja elevada concentração de ácidos graxos insaturados, o óleo é estável devido as suas elevadas quantidades de vitamina E, que atua como um antioxidante natural (KOZIOL, 1992; REPO-CARRASCO et al., 2003).

Em relação a fibras, o percentual é baixo, sendo a maior parte destas insolúveis (RANHOTRA et al., 1993).

Este pseudocereal possui quantidades significativas de flavonóides e ácidos fenólicos. Os derivados fenólicos são agentes antimicrobianos naturais e apresentam-se como bons antioxidantes, quelando os radicais livres e os metais. Por sua vez, os polifenóis são benéficos à saúde, prevenindo câncer e doenças cardiovasculares (DOGAN e KARWE, 2003).

## **5. ARTIGOS CIENTÍFICOS**

**5.1. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE FLOCOS DE QUINOA: CONTRIBUIÇÃO PARA A UTILIZAÇÃO EM PRODUTOS ALIMENTÍCIOS**

**5.2. ELABORAÇÃO E AVALIAÇÃO DE PÃES DE FORMA ADICIONADOS DE FLOCOS DE QUINOA**

**5.3. AVALIAÇÃO DA FUNCIONALIDADE DE PÃES DE FORMA ELABORADOS COM FLOCOS DE QUINOA ATRAVÉS DE ENSAIOS BIOLÓGICOS**

## **5.1. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE FLOCOS DE QUINOA: CONTRIBUIÇÃO PARA A UTILIZAÇÃO EM PRODUTOS ALIMENTÍCIOS**

### **PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF QUINOA FLAKES: CONTRIBUTION FOR THE USE IN FOOD PRODUCTS**

#### **Márcia Flach GEWEHR**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos

e-mail: mfg@sinos.net

#### **Daiane DANELLI**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos

e-mail: daianedanelli@yahoo.com.br

#### **Lívia MARCHI DE MELO**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos

e-mail: liviamarchi@gmail.com

#### **Simone Hickmann FLÔRES**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos

e-mail: simone.flores@ufrgs.br

#### **Erna Vogt de JONG**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos

e-mail: vogt@ufrgs.br

## RESUMO

A quinoa é um pseudocereal, cultivada principalmente na região andina. Tem sido descrita como importante fonte de proteínas em consequência de sua elevada digestibilidade e composição equilibrada em aminoácidos, além do alto teor de lipídios, principalmente ácidos graxos insaturados. Atrai atenção dos pesquisadores, devido a sua superior qualidade nutricional em relação aos cereais. A caracterização físico-química dos flocos de quinoa foi feita através da determinação de umidade, cinzas, lipídios, composição em ácidos graxos, proteínas, composição em aminoácidos, fibras e suas frações, tocoferóis e minerais (sódio, cálcio, ferro, zinco e fósforo). Os flocos apresentaram elevados teores de proteína, fibras, fósforo e ferro, quando comparados com a legislação vigente. Houve equilíbrio no balanceamento de aminoácidos e entre fibras solúveis e insolúveis. Na composição em ácidos graxos destacou-se o teor de ácido oléico, este imprescindível à saúde. Pelos resultados obtidos nas análises, deve-se explorar o uso desse pseudocereal em produtos alimentícios com a finalidade de agregar valor nutricional e produzir alimentos que contribuam para o bem estar e saúde do indivíduo.

**Palavras Chaves:** flocos de quinoa, composição físico-química, tocoferóis, aminoácidos e minerais.

## SUMMARY

Quinoa is a pseudocereal planted mainly in the Andes region. It has been described as an important source of proteins due to its high digestibility and balanced amino acid composition, besides its high level of lipids, mainly unsaturated fat acids. It calls the attention of researches due to its superior nutritional quality when compared with other cereals. The physicochemical characterization of the quinoa flakes was performed through determining the humidity, ashes, lipids, fat acids composition, proteins, amino acid composition, fibers and their fractions, tocopherols and minerals (sodium, calcium, iron, zinc and phosphorous). The flakes presented high levels of protein, fibers, phosphorous and iron, when compared to existing guidelines. There was equilibrium in the balancing of the amino acids and the soluble and insoluble fibers. In the composition of fat acids, the level of oleic acid stood out, which is indispensable for the health. By the results obtained in the analysis, one should explore the use of this pseudocereal in food products, aiming at adding nutritional

value and produce food which contribute to the well-being and health of the person.

**Keywords:** quinoa flakes, physicochemical composition, tocopherols, amino acids and minerals.

## 1. INTRODUÇÃO

A *Chenopodium quinoa* é um pseudocereal, também considerada uma pseudo-oleaginosa, cultivada na Bolívia, Peru, Estados Unidos, Equador, em algumas áreas da Colômbia, Chile e Argentina (LEÓN e ROSELL, 2007), além de estar difundida na América do Sul, cujo principal campo de uso está na alimentação, sendo utilizadas todas as partes da planta (MADL et al., 2006). Os incas reconheceram há muito tempo seu alto valor nutricional (LEÓN e ROSELL, 2007). Acreditavam, juntamente com os astecas, que a quinoa tinha propriedades medicinais (DOGAN e KARWE, 2003).

Este pseudocereal atraiu atenção para a suplementação da alimentação porque as suas sementes contêm 12% de proteína, com equilíbrio de aminoácidos (KONISHI et al., 2004). É considerada fonte de minerais, vitaminas do complexo B (riboflavina) quando comparada com aveia, arroz, milho (KOZIOL, 1992). Além disso, possui quantidades significativas de flavonóides e ácidos fenólicos. Os derivados fenólicos são agentes antimicrobianos naturais e apresentam-se como bons antioxidantes, reduzindo a quantidade de radicais livres formados e promovendo atividades quelantes de metais. Por sua vez, os polifenóis são benéficos à saúde, prevenindo enfermidades, tais como câncer e doenças cardiovasculares (DOGAN e KARWE, 2003).

O uso deste pseudocereal aumenta cada vez mais, sendo utilizado tanto para a alimentação saudável como para dietas especiais de pessoas celíacas, uma vez que a quinoa não possui glúten (GORINSTEIN et al., 2008; LEÓN e ROSELL, 2007).

A quinoa pode ser inclusa em pães, sopas, tortas, torrões, chocolates, massas, saladas, alimentos infantis, pois as agroindústrias processam os grãos em flocos e farinha (BHARGAVA et al., 2006; LEÓN e ROSELL, 2007; NSIMBA et al., 2008). Tanto o processamento dos grãos quanto fatores genéticos, climáticos e solo podem interferir na composição nutricional. Com isso, torna-se importante analisar a composição dos flocos de quinoa.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Amostra de Quinoa**

Os flocos de quinoa foram adquiridos da Empresa Obst Trade Comércio Exterior Ltda, Porto Alegre, RS. Segundo a empresa, os grãos foram previamente lavados e posteriormente laminados.

### **2.2. Análise dos Flocos de Quinoa**

#### **2.2.1. Composição Centesimal**

Todas as análises foram feitas em triplicata no Laboratório de Bromatologia do ICTA/UFRGS, e os valores fornecidos como médias. A concentração de proteína foi determinada pelo método semi micro-Kjeldahl (AOAC, 1995; NORMAS, 1985) e o fator de conversão do nitrogênio para proteína foi de 6,25 (KOZIOL, 1992). As quantidades de lipídios, fibra (total, solúvel e insolúvel), cinzas e umidade foram mensuradas de acordo AOAC (1995) e Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (1985). O total de carboidratos foi determinado por diferença (BRASIL, 2003).

#### **2.2.2. Composição em Ácidos Graxos**

O perfil lipídico foi determinado no CEPPA, da Universidade Federal do Paraná, de acordo com o método Horwitz (2000), Firestone (1998), Hartman e Lago (1973) e Holland et al. (1991).

#### **2.2.3. Composição em Aminoácidos**

A determinação da composição em aminoácidos foi realizada no Centro de Química da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (UNESP, Ribeirão Preto, Brasil). A amostra foi desengordurada e hidrolisada, com hidróxido de lítio para medida de triptofano (LUCAS e SOTELO, 1980) e com ácido clorídrico para determinação dos demais aminoácidos. A análise foi realizada por cromatografia iônica com derivação pós-cromatográfica por ninidrina, como descrito por Spackman et al. (1963), utilizando analisador automatizado (ALONSO e HIRS, 1968) para



determinação do perfil aminoacídico.

A análise estatística foi realizada através da ANOVA e, quando houve diferença significativa entre as médias, aplicou-se o teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

#### 2.2.4. Concentração de Tocoferóis

A quantificação de tocoferóis ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ , e  $\delta$ -tocoferóis) foi realizada no Centro de Qualidade Analítica (CQA, São Paulo, Brasil) de acordo com método AOAC (2005) que consiste na saponificação das vitaminas lipossolúveis e análise por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC).

#### 2.2.5. Concentração de Minerais

O cálcio, o ferro e o zinco foram determinados através do método de espectroscopia de absorção de chama, enquanto o sódio por fotometria de chama e o fósforo por espectrofotometria conforme AOAC (1980).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises da composição centesimal da amostra dos flocos de quinoa originários do Peru, utilizados no experimento, encontram-se na Tabela 1.

**Tabela 1** – Composição centesimal dos flocos de quinoa.

<i>Composição Química</i>	<i>(g/100g)</i>
Umidade	11,93
Carboidratos	60,95
Proteína	11,73
Lipídios	4,88
Fibra Alimentar Total	8,65
Fibra Alimentar Solúvel	4,80
Fibra Alimentar Insolúvel	3,85
Cinzas	1,86

Fatores genéticos e climáticos interferem diretamente na composição nutricional da quinoa, pois de acordo com Koziol (1992) variedades de quinoa do

Equador possuem mais gordura e proteína em relação às Andinas. Além disso, os princípios nutritivos dos cereais não se distribuem homoganeamente. A industrialização e a manufatura dos grãos tornam mais evidentes essas diferenças e aproveitam certas partes para conseguir a disponibilidade de matéria-prima mais adequada à elaboração de diferentes alimentos (SALINAS, 2002).

A Tabela 2 apresenta comparação dos resultados da análise dos flocos de quinoa (em base seca) com os dados de literatura para a composição do grão, da farinha e do grão tostado de quinoa. Os teores dos macronutrientes foram semelhantes para os flocos e a farinha de quinoa, com exceção dos teores de fibra solúvel e insolúvel. O equilíbrio nas frações de fibra desses dois grupos foi bastante diferente agregando funcionalidades opostas.

**Tabela 2** – Composição química dos flocos de quinoa comparados com dados da literatura da composição de grão, da farinha e do grão tostado de quinoa.

<b>Informações Gerais e Composição Química (% peso seco)</b>	<b>Flocos de Quinoa</b>	<b>Grão de Quinoa<sup>1</sup></b>	<b>Farinha de Quinoa<sup>2</sup></b>	<b>Grão de Quinoa Tostado<sup>3</sup></b>
Origem	Peru	-	Colorado	Brasil
Processamento	Lavagem e Laminação a temperatura inferior a 30°C	-	Remoção do pericarpo e saponina por equipamento. Moagem.	Torrefação a 100°C por 3 horas.
Carboidratos	69,21	-	65,94	76
Amido	-	53,0 – 85,7	63,02	-
Proteína	13,32	11,0 – 15,0	16,92	11,04
Lipídios	5,54	3,2 – 10,7	4,99	7
Fibra Alimentar Total	9,82	1,1 – 10,7	9,65	1,54
Fibra Alimentar Solúvel	5,45	-	1,3	-
Fibra Alimentar Insolúvel	4,37	-	8,35	-
Cinzas	2,11	2,1 – 10,7	2,49	2,21

Fonte: <sup>1</sup>León e Rosell (2007); <sup>2</sup>Ranhotra et al. (1993); <sup>3</sup>Shumacher (2008).

Os resultados de flocos de quinoa divergiram daqueles encontrados na literatura para o grão tostado, devido a maior quantidade de fibras e menor quantidade de carboidratos. Contrapondo-se as comparações realizadas entre os diferentes tipos de quinoa com seus respectivos processamentos, verificou-se que

todos esses grupos assemelham-se na faixa de teores de nutrientes mencionada para o grão de quinoa por León e Rosell (2007). Sugere-se que houve certa constância na faixa de teores de proteínas e variações nas quantidades de lipídios e/ou fibras e/ou cinzas e/ou carboidratos.

Devido a elevada quantidade de proteínas nos flocos de quinoa, 11,73%, estes podem ser considerados alimentos com alto teor protéico (BRASIL, 1998a) e são, comumente, utilizados na preparação de alimentos como substitutos parciais ou totais de cereais uma vez que apresentam quantidades de proteínas, em peso seco, semelhantes à aveia (11,6%), ao trigo (10,5%) e ao arroz (9,1%) (REPO-CARRASCO et al., 2003).

A quinoa destaca-se como importante fonte de proteínas para os seres humanos, devido a sua digestibilidade e composição equilibrada dos aminoácidos essenciais. Em experimentos com ratos verificou-se, através de análise do coeficiente de eficácia protéica, digestibilidade verdadeira e balanço de nitrogênio, semelhança entre a eficiência da proteína da quinoa e a do leite (RANHOTRA et al., 1993), sendo este resultado também apresentado em estudo com humanos utilizando tanto semente como farinha do pseudocereal (KOZIOL, 1992).

Os flocos de quinoa analisados apresentaram adequado equilíbrio de aminoácidos essenciais quando comparado com a indicação da FAO (WHO, 2002) para adultos (Tabela 3).

A proteína dos flocos de quinoa não pode ser considerada de elevado valor biológico, pois apresentou quantidades inferiores às necessidades do indivíduo, de triptofano e isoleucina (Tabela 3), mas possui teores elevados de lisina, geralmente o aminoácido limitante nos cereais, e histidina quando comparada com arroz, trigo, aveia (Tabela 4) (WRIGHT et al., 2002; KOZIOL, 1992).

Resultados similares foram descritos por Bhargava et al. (2006) que também mencionaram o elevado teor de metionina no aminograma (0,4 - 1,0%) condizentes com os encontrados nos flocos de quinoa (Tabela 3).

A quinoa pode apresentar como primeiro aminoácido limitante a tirosina ou a fenilalanina (IMPROTA e KELLEMS, 2001). Nos flocos esse aminoácido foi o triptofano divergindo de Comai et al. (2007) que comentaram a alta concentração de triptofano no pseudocereal, geralmente o segundo aminoácido limitante nos cereais. No entanto, a complementação da quinoa com legumes ou cereais (aveia, trigo e arroz) supre o requerimento desse aminoácido em relação à proteína padrão, a caseína (Tabela 4).

**Tabela 3** – Composição de aminoácidos essenciais dos flocos de quinoa (média e desvio padrão), requerimento de aminoácidos e valor biológico da proteína.

<b>Aminoácido (mg aminoácidos / g proteína)</b>	<b>Flocos de Quinoa</b>	<b>Requerimento de aminoácido para Adulto<sup>1</sup></b>	<b>Perfil de aminoácidos essenciais (teórico) para proteína de elevado valor biológico<sup>2</sup></b>
Histidina*	33,33 ± 1,27	15	17
Isoleucina	41,10 ± 0,48	15	42
Leucina	76,76 ± 0,09	21	70
Lisina	59,19 ± 0,30	18	51
Metionina + Cistina	29,52 ± 0,35	20	26
Fenilalanina + Tirosina	83,19 ± 0,51	21	73
Treonina	49,35 ± 0,92	11	35
Triptofano	6,59 ± 0,06	5	11
Valina	48,99 ± 0,45	15	48

Fonte: <sup>1</sup>WHO (2002); <sup>2</sup>Sgarbieri (1987).

\*Essencial para crianças.

**Tabela 4** – Comparação da composição de aminoácidos essenciais analisados nos flocos de quinoa com dados da literatura para cereais e caseína.

<b>Aminoácido (mg aminoácidos/ g proteína)</b>	<b>Flocos de Quinoa</b>	<b>Arroz<sup>1</sup></b>	<b>Trigo<sup>1</sup></b>	<b>Aveia<sup>2</sup></b>	<b>Caseína<sup>3</sup></b>
Histidina*	33,33 (1,23)	21	20	21	27
Isoleucina	41,10 (0,87)	41	42	38	47
Leucina	76,76 (0,81)	82	68	73	95
Lisina	59,19 (0,76)	38	26	37	78
Metionina + Cistina	29,52 (0,89)	36	37	-	33
Fenilalanina + Tirosina	83,19 (0,82)	105	82	-	102
Treonina	49,35 (1,12)	38	28	33	44
Triptofano	6,59 (0,47)	11	12	13	14
Vanila	48,99 (0,77)	61	44	51	64

Fonte: <sup>1</sup>Wright et al. (2002); <sup>2</sup>León e Rosell (2007); <sup>3</sup>Brasil (1998b).

Valores em parênteses indicam a relação do conteúdo de aminoácidos presentes entre os flocos de quinoa e a caseína (padrão). \* Essencial para crianças.

Os flocos de quinoa também apresentaram composição equilibrada de aminoácidos não essenciais, dentre os quais, arginina, ácido glutâmico, ácido aspártico e alanina - na forma livre – que podem desempenhar um papel importante

na formação de cor e aroma durante a torrefação (DINI et al, 2005). Devido ao alto teor e a qualidade da proteína dos flocos de quinoa, esta pode auxiliar na atividade antioxidante global, tendo antioxidantes eficazes na inibição da peroxidação lipídica e agindo como quelantes de radicais livres (GORINSTEIN et al., 2007).

Koziol (1992) e Repo-Carrasco et al. (2003) mencionaram a composição semelhante do óleo de quinoa com o de soja, ressaltando sua importância econômica uma vez que contém 82,71% de ácidos graxos insaturados e 11% de saturados, sendo predominante o ácido palmítico. Os ácidos insaturados, compostos por ácido linoléico, oléico, e  $\alpha$ -linolênico aparecem nas concentrações de 52,3%, 23% e 8,1% de ácidos graxos totais, respectivamente.

O teor de lipídios na quinoa pode variar na faixa de 2 a 10% dependendo dos métodos de cultivo (KOZIOL, 1992).

Os flocos de quinoa apresentaram 4,88% de lipídios em comparação com 2,90% do arroz (Tabela 5). Esses dois cereais continham quantidades maiores de ácidos graxos insaturados do que saturados. Essa relação torna-se importante, pois os ácidos graxos saturados elevam a colesterolemia por reduzirem receptores hepáticos e inibirem a remoção plasmática de LDL, enquanto os ácidos graxos insaturados exercem efeitos protetores, podendo reduzir os níveis sanguíneos de LDL e de triglicérides (SANTOS e AQUINO, 2008).

**Tabela 5** – Lipídios totais e composição em ácidos graxos dos flocos de quinoa e do arroz.

	<i>Flocos de Quinoa</i>	<i>Arroz<sup>1</sup></i>
<b>Lipídios Totais (g/100g – base úmida)</b>	4,88	2,90
<b>Composição dos ácidos graxos (g/100g – base úmida)</b>		
<b>Saturados</b>	1,29	0,60
Palmítico	0,85	0,50
Esteárico	0,10	0,05
<b>Monoinsaturados</b>	2,28	1,10
Oléico	2,08	1,05
<b>Poliinsaturados</b>	0,97	1,00
Linolênico	0,03	0,04
Linoléico	0,82	1

Fonte: <sup>1</sup>León e Rosell (2007).

Os flocos de quinoa contêm 26,43% de ácidos graxos saturados, predominante o palmítico, e 66,6% de ácidos graxos insaturados representados por

46,72% de monoinsaturados e 19,88% de poliinsaturados. Os ácidos graxos linoléico, oléico e  $\alpha$ -linolênico representam 16,8%, 42,63% e 0,61%, respectivamente, em ácidos graxos totais, divergindo de Koziol (1992) e Repo-Carrasco (2003) que mencionaram maior concentração do ácido linoléico seguido do oléico no óleo. Possivelmente tenha havido interferência tanto do método de cultivo e do método de análise, quanto do processamento desse pseudocereal.

O ácido oléico, predominante nos flocos de quinoa, segundo Angelis (2001), pode atuar prevenindo o reumatismo reumatóide devido a alteração da produção de mediadores de respostas inflamatórias.

Embora haja elevada concentração de ácidos graxos insaturados, os flocos de quinoa são estáveis devido a sua elevada quantidade de tocoferóis, principalmente  $\alpha$  e  $\gamma$ -tocoferol (BHARGAVA et al., 2006; REPO-CARRASCO et al., 2003). O  $\alpha$ -tocoferol apresenta-se como vitamina E, podendo variar de 2 a 5 mg/100g (LEÓN e ROSELL, 2007), apresentando maior conteúdo do que o arroz (0,18mg/100g) e o trigo (1,15mg/100g) (KOZIOL, 1992). A Tabela 6 apresenta a quantidade de tocoferóis encontrados nas análises dos flocos de quinoa.

**Tabela 6** – Quantidade e tipos de tocoferóis encontrados nos flocos de quinoa

<i>Tocoferóis (mg/100g)</i>	<i>Flocos de Quinoa</i>
$\alpha$ (Alfa)	2,14
$\beta$ (Beta)	0,43
$\gamma$ (Gama)	2,95
$\delta$ (Delta)	0,56

O poder antioxidante do  $\delta$ -tocoferol é maior do que o  $\gamma$  seguido pelo  $\beta$  e o  $\alpha$ . Os tocoferóis atuam como antioxidantes ao nível da membrana das células e protegem dos danos causados aos ácidos graxos das membranas, pelos radicais livres. Assim, estes componentes parecem ser particularmente importantes na prevenção da aterosclerose porque agem como substâncias redutoras que evitam a oxidação dos ácidos graxos insaturados, com formação de radicais livres e produtos de degradação de peróxidos que podem danificar os tecidos (SGARBIERI, 1987).

Os flocos de quinoa podem ser considerados alimentos com alto teor de fibras por terem mais de 6g de fibra/100g de produto, 8,65% de fibras (Tabela 1) (BRASIL, 1998a). Os cereais como arroz e farinha de trigo apresentam quantidades inferiores de fibras (3,5% e 2,4%, respectivamente) (LEÓN e ROSELL, 2007).

Diets ricas em fibras estão associadas à prevenção da obesidade (DINI et al., 2005). Devido ao equilíbrio entre as fibras solúveis (4,80%) e insolúveis (3,85%), nos flocos de quinoa, elas podem contribuir para redução dos níveis plasmáticos de colesterol e diluição dos carcinogênicos potenciais, bem como manter o menor tempo de contato desses compostos com as paredes intestinais (PIMENTEL et al., 2005).

A quinoa também apresenta diversidade em minerais: fósforo (384 mg/100g), cálcio (149 mg/100g), magnésio (250 mg/100g), zinco (4,4 mg/100g), ferro (13,2 mg/100g), potássio (927 mg/100g) (KOZIOL, 1992). O conteúdo de minerais na semente de quinoa é aproximadamente duas vezes maior do que nos outros cereais (SCHOENLECHNER et al., 2008).

A Tabela 7 apresenta a composição de minerais dos flocos de quinoa analisados comparados a outros cereais.

**Tabela 7** – Concentração de minerais nos flocos de quinoa em comparação com outros cereais.

<i>Minerais (mg/100g)</i>	<i>Flocos de Quinoa</i>	<i>Arroz<sup>1</sup></i>	<i>Trigo<sup>1</sup></i>	<i>Aveia<sup>1</sup></i>
Cálcio	22,10	23	48	50
Ferro	6,52	1,5	4,6	3,81
Fósforo	421,95	333	387	450
Zinco	0,57	2,0	3,3	3
Sódio	25	7,0	4	4

Fonte: <sup>1</sup>León e Rosell (2007).

Os resultados encontrados nos flocos de quinoa divergem dos encontrados por Koziol (1992) e Schoenlechner et al. (2008), pois se observou menor conteúdo de minerais, com exceção do fósforo que equivale ao encontrado no arroz, na aveia e no trigo.

Os flocos de quinoa foram elaborados pelo processo de laminação e de acordo com Konishi et al. (2004), o processamento abrasivo da semente pode resultar em decréscimo no conteúdo de cálcio. Além disso, condições climáticas e do solo influenciam a composição de minerais (KARYOTIS et al., 2003).

Os flocos de quinoa analisados podem ser considerados alimentos de alto teor de fósforo e ferro e em relação ao sódio satisfazem ao atributo “muito baixo” (máximo de 40 mg de sódio / 100g de flocos) (BRASIL, 1998a; BRASIL, 2005). Os cereais, em geral, apresentam 70-75% de fósforo como ácido fítico formando

quelatos com íons bivalentes evitando que o fósforo seja absorvido no trato gastrointestinal. No entanto, os cereais contêm a enzima fitase que hidrolisa o ácido fítico transformando-o em inositol e ácido fosfórico livre (nutriente) (LEÓN e ROSELL, 2007).

O ferro presente na quinoa ocorre na forma não-heme cuja absorção é de 2% a 5% em uma dieta mista. A absorção desse nutriente pode aumentar através do consumo de carnes, peixes e aves, devido ao conteúdo de aminoácidos, como a cisteína, que se liga ao ferro aumentando sua absorção. Os polifenóis presentes, segundo Alvarez-Jubete et al. (2010) e Pásko et al. (2009), também podem diminuir a absorção desse mineral uma vez que ocorre formação de complexos entre os grupos hidroxila dos compostos fenólicos e as moléculas de ferro (COZZOLINO, 1999).

#### 4. CONCLUSÕES

Os flocos de quinoa apresentaram características físico-químicas desejáveis devido a quantidade e variedade de nutrientes. O teor de proteína juntamente com o equilíbrio de aminoácidos, com níveis semelhantes ou maiores, quando comparados com a indicação da FAO, destacaram o valor nutricional dessa semente.

Outros compostos como fibras e lipídios, devido ao equilíbrio entre fibras solúveis e insolúveis, ácidos graxos insaturados e saturados, podem auxiliar na manutenção da saúde juntamente com os tocoferóis, ressaltando a importância do  $\alpha$  e do  $\gamma$ -tocoferol.

Em relação aos minerais destaca-se o alto teor de fósforo e ferro, porém, serão necessários estudos para analisar a biodisponibilidade destes minerais.

A diversidade juntamente com a quantidade da composição físico-química de nutrientes nos flocos de quinoa pode auxiliar para se ter uma alimentação saudável e agregar valor na elaboração de produtos.

#### REFERÊNCIAS

ALONSO, N.; HIRS, C.H.W. Automation of sample application in amino acid analysers. **Analytical Biochemistry**, New York v. 23, n.5, p.272 - 278, 1968.



ALVAREZ-JUBETE, L.; WIJNGAARD, H.; ARENDT, E. K.; GALLAGHER, E. Polyphenol composition and in vitro antioxidant activity of amaranth, quinoa buckwheat and wheat as affected by sprouting and baking. **Food Chemistry**, London, v. 119, n. 2, p. 770 – 778, 2010.

ANGELIS, R. C. A importância dos ácidos graxos poliinsaturados. In: ANGELIS, R. C. **Importância de alimentos vegetais na proteção da saúde**. 1. ed. São Paulo: Atheneu, 2001. cap. 26, p. 145 – 147.

AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS). **Official methods of the Association of Official Analytical Chemists**. 13<sup>th</sup> ed. Washington: AOAC, 1980. 384p.

AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS). **Official methods of the Association of Official Analytical Chemists**. 16.ed. Washington:DC, 1995.

AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS). **Official methods of the Association of Official Analytical Chemists**. 18<sup>th</sup> ed. Arlington: AOAC, 2005.

BHARGAVA, A.; SHUKLA, S.; OHRI, D. Chenopodium quinoa: an Indian perspective. **Industrial Crops and Products**, Elsevier, v. 23, n. 1, p. 73 – 87, 2006.

BRASIL. Portaria nº 27, de 13 de janeiro de 1998a. Regulamento Técnico referente à informação nutricional complementar **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Disponível em: < <http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=97&wOrd=>>. Acesso em: 28 dez. 2009.

BRASIL. Portaria nº 31, de 13 de janeiro de 1998b. Regulamento Técnico referente a alimentos adicionados de nutrientes essenciais. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Disponível em: <<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=64&word=>>. Acesso em: 28 dez. 2009.

BRASIL. Resolução RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003. Regulamento técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados, tornando obrigatória a rotulagem nutricional. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Disponível em: <<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=9059&word=>>. Acesso em: 28 dez. 2009.

BRASIL. Resolução RDC nº 269, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Disponível em: <<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=18828&word=>>. Acesso em: 28 dez. 2009.

COMAI, S.; BERTAZZO, A.; BAILONI, L.; ZANCATO, M.; COSTA, C. V. L.; ALLEGRI, G. The content of proteic and nonproteic (free and protein-bound) tryptophan in quinoa and cereal flours. **Food Chemistry**, London, v. 100, n. 4, p. 1350 -1355, 2007.

COZZOLINO, S. M. F. Fortificação de Alimentos versus biodisponibilidade. In: ANGELIS, R. C. **Fome Oculta: impacto para a população do Brasil**. 1. ed. São Paulo: Atheneu, 1999. cap. 30, p. 143 – 154.

DINI, I.; TENORE, G. C.; DINI, A. Nutritional and antinutritional composition of Kancolla seeds: an interesting and underexploited andine food plant. **Food Chemistry**, London, v. 92, n. 1, p. 125 – 132, 2005.

DOGAN, H.; KARWE, M. V. Physicochemical properties of quinoa extrudates. **Food Science and Technology International**, London, v. 9, n. 2, p. 101 – 114, 2003.

FIRESTONE, D. (Ed.) **Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists Society**. 5. ed., Champaign: AOCS, 1998. 1300p.

GORINSTEIN, S.; LOJEK, A.; CÍZ, M.; PAWELZIK, E.; DELGADO-LICON, E.; MEDINA, O. J.; MORENO, M.; SALAS, I. A.; GOSHEV, I. Comparison of composition and antioxidant capacity of some cereals and pseudocereals. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 43, n. 3, p. 629 – 637, 2008.

GORINSTEIN, S.; VARGAS, O. J. M.; JARAMILLO, N. O.; SALAS, I. A.; AYALA, A. L. M.; ARANCIBIA-AVILA, P.; TOLEDO, F.; KATRICH, E.; TRAKHTENBERG, S. The total polyphenols and the antioxidant potentials of some selected cereals and pseudocereals. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 225, n. 3-4, p. 321 – 328, 2007.

HORWITZ, W. (Ed.) **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 17. ed., Gaithersburg, Maryland: AOAC, p. 20-24, v II, 2000.

HARTMAN, L.; LAGO, R. C. A. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. **Laboratory Practice**, London, v. 22, n. 8, p. 475 – 476, 1973.

HOLLAND, B.; WELCH, A. A.; UNWIN, I. D.; BUSS, D. H.; PAUL, A. A.; SOUTHGATE, D. A. T. **McCance and Widdowson's the composition of foods**, 5. ed. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 1991, 462p.

IMPROTA, F.; KELLEMS, R. O. Comparison of raw, washed and polished quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to wheat, sorghum or maize based diets on growth and survival of broiler chicks. **Livestock Research for Rural Development**, Cali, v. 13, n. 1, 2001. Disponível em: <<http://www.lrrd.org/lrrd13/1/impr131.htm>>. Acesso em: 28 dez. 2009.

KARYOTIS, T.; ILIADIS, C.; NOULAS, C. ; MITSIBONAS, Th. Preliminary Research on Seed Production and Nutrient Content for Certain Quinoa Varieties in a Saline–Sodic Soil. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Berlin, v. 189, n. 6, p. 402 – 408, 2003.

KONISHI, Y.; HIRANO, S.; TSUBOI, H.; WADA, M. Distribution of minerals in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds. **Bioscience Biotechnology and Biochemistry**, Tokyo, v. 68, n. 1, p. 231 – 234, 2004.

KOZIOL, M. J. Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 5, n. 1, p. 35 – 68, 1992.

LEÓN, A. E.; ROSELL, C. M. **De tales harinas, tales panes**: granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica. 1. ed. Córdoba: Hugo Báez Editor, 2007.

478 p.

LUCAS, B.; SOTELO, A. Effect of different alkalies, temperatures and hydrolysis times on tryptophan determination of pure proteins and foods. **Analytical Biochemistry**, New York, v.109, n. 1, p.192 - 197, 1980.

MADL, T.; STERK, H. MITTELBAACH, M. Tandem Mass Spectrometric Analysis of a Complex Triterpene Saponin Mixture of *Chenopodium quinoa*. **Journal of the American Society for Mass Spectrometry**, New York, v. 17, n. 6, p. 795 – 806, 2006.

NORMAS ANALÍTICAS DO INSTITUTO ADOLFO LUTZ: **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3. ed. São Paulo v.1, 1985. 533p.

NSIMBA, R. Y.; KIKUZAKI, H.; KONISHI, Y. Antioxidant activity of various extracts and fractions of *Chenopodium quinoa* and *Amaranthus* spp. Seeds. **Food Chemistry**, London, v. 106, n. 2, p. 760 – 766, 2008.

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

PIMENTEL, C. V. M. B.; FRANCKI, V. M.; GOLLÜCKE, A. P. B. **Alimentos Funcionais**: introdução às principais substâncias bioativas em alimentos. 1. ed., São Paulo: Livraria Varela, 2005. 95 p.

RANHOTRA, G. S.; GELROTH, J. A.; GLASER, B. K.; LORENZ, K. J.; JOHNSON, D. L. Composition and protein nutritional quality of quinoa. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 70, n. 3, p. 303 – 305, 1993.

REPO-CARRASCO, R.; ESPINOZA C.; JACOBSEN, S. E. Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kaniwa (*Chenopodium pallidicaule*). **Food Reviews International**, New York, v. 19, n. 1-2, p. 179 – 189, 2003.

SALINAS, R. D. **Alimentos e Nutrição**: introdução à bromatologia.3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2002. 280 p.

SANTOS, K. M. O.; AQUINO, R. C. Grupos dos óleos e gordura. In: PHILIPPI, S. T. **Pirâmide dos alimentos**: fundamentos básicos da nutrição. 1. ed. Barueri: Manole, 2008. cap. 7, p. 241 – 292.

SCHOENLECHNER, R.; SIEBENHANDL, S.; BERGHOFER, E. Pseudocereals. In: ARENDT, E. K.; BELLO, F. D. **Gluten-Free Cereal Products and Beverages**. 1. ed., Food Science and Technology International, London. Series. 2008. cap. 7, p. 149 – 190.

SGARBIERI, V. C. **Alimentação e nutrição**: fator de saúde e desenvolvimento. 1. ed. São Paulo: Almed, 1987. 387 p.

SHUMACHER, A. B. **Desenvolvimento de um chocolate meio amargo com maior**

**percentual de proteína.** 2008. 54 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

SPACKMAN, D. H.; STEIN, W. H.; MOORE, S. Automatic recording apparatus for use in the chromatography of amino acids. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 30, n. 7, p.1190 - 1206, 1963.

WHO. **Protein and amino acid requeriments in humam nutrition:** report of Join FAO/WHO/UNU Expert Consultation. Geneve: FAO/WHO/UNU, 2002. 265p. Disponível em:<[http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO\\_TRS\\_935\\_eng.pdf](http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO_TRS_935_eng.pdf)>. Acesso em: 18 dez. 2009. (Who Technical Report Series, 935).

WRIGHT, K. H.; PIKE, O. A.; FAIRBANKS, D. J.; HUBER, C. S. Composition of atriplex hortensis, sweet and bitter chenopodium quinoa seeds. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 67, n. 4, p. 1383 – 1385, 2002.

## **5.2. ELABORAÇÃO E AVALIAÇÃO DE PÃES DE FORMA ADICIONADOS DE FLOCOS DE QUINOA**

### **DEVELOPMENT AND EVALUATION OF BREAD LOAVES ADDED WITH QUINOA FLAKES**

#### **Márcia Flach GEWEHR**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos

e-mail: mfg@sinos.net

#### **Daiane DANELLI**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos

e-mail: daianedanelli@yahoo.com.br

#### **Lívia Marchi de MELO**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos

e-mail: liviamarchi@gmail.com

#### **Simone Hickmann FLÔRES**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos

e-mail: simone.flores@ufrgs.br

#### **Erna Vogt de JONG**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos

e-mail: vogt@ufrgs.br

## RESUMO

A quinoa, um grão andino, tem atraído atenção do mundo por ser uma boa fonte de minerais, vitaminas e antioxidantes como a vitamina E. A alta qualidade da proteína deste pseudocereal compara-se a da caseína em termos do equilíbrio de aminoácidos. A quinoa pode ser adicionada a produtos alimentícios no intuito de agregar valor melhorando a composição nutricional destes. Neste trabalho, realizou-se tanto a caracterização físico-química dos flocos de quinoa quanto dos pães elaborados. Estes também foram avaliados quanto suas características físicas e sensoriais quando elaborados com substituição de zero, 10, 15 e 20% da farinha de trigo pelo pseudocereal, utilizando-se o método esponja. O teor de tocoferóis e de proteína aumentou do pão com substituição de zero para 20% de quinoa. O processamento do pão pode ter influenciado a composição nutricional, pois o perfil de aminoácidos foi diferente e o teor de fibra solúvel diminuiu em relação ao pão sem quinoa. A cor, textura e volume específico foram influenciados pela formulação, pois com o aumento da adição dos flocos o miolo tornou-se mais escuro, a textura foi alterada durante a vida de prateleira e o volume específico foi menor. Pelos testes realizados, na análise sensorial, os pães com quinoa foram bem aceitos pelos degustadores apesar das mudanças observadas no sabor, na aparência e na cor do miolo.

**Palavras Chaves:** flocos de quinoa, composição físico-química, pão, análise sensorial.

## SUMMARY

Quinoa, a grain from the Andes, has attracted worldwide attention for being a good source of minerals, vitamins, anti-oxidants such as vitamin E. The high quality of the protein of this pseudocereal can be compared with the one of the casein, as far as amino acid balance. Quinoa can be added to food products with the purpose of adding value, improving their nutritional composition. In this work, the physicochemical characterization of the quinoa flakes as well as of the bread loaves developed was carried out. These were also evaluated for their physical as well as sensorial characteristics when developed substituting the pseudocereal for zero, 10,

15 and 20% of flour, using the sponge method. The tocopherols and protein levels increased in the bread replaced from zero to 20% of quinoa. The development of the bread might have influenced the nutritional composition, since the amino acids profile was different and the level of soluble fiber diminished when compared with the bread without quinoa. The color, texture, specific volume were influenced by the formulation, once with the increase in the amount of flakes added, the inner part became darker, the texture was altered throughout shelf life and the specific volume was smaller. Through the tests carried out, in sensorial analysis, the bread with quinoa was well-accepted by the tasting technician, in spite of the changes observed in flavor, looks and color of the inner part.

**Keywords:** quinoa flakes, physicochemical composition, bread, and sensorial analysis.

## 1. INTRODUÇÃO

A quinoa, quando comparada com produtos de cereais tradicionais, apresenta-se como alternativa de ingrediente colaborando na dieta com boas fontes de substâncias funcionais (BERTI et al., 2005). O grão possui teores elevados de lisina, geralmente o aminoácido limitante nos cereais, e histidina, quando comparada com arroz, trigo e aveia (KOZIOL, 1992; WRIGHT et al., 2002). Os astecas e os incas acreditavam que a quinoa tinha propriedades medicinais (DOGAN e KARWE, 2003).

Como o mercado consumidor busca cada vez mais produtos diferenciados, com qualidade e aspectos nutricionais relevantes (NUNES, 2008) torna-se interessante a utilização de quinoa, pois ela pode melhorar o percentual de fibra (REPO-CARRASCO et al., 2003) e de proteína no produto (SHUMACHER, 2008).

O uso desse pseudocereal em pães apresenta certa significância uma vez que estes são constituídos por farinha de trigo, gordura, água, sal e açúcar. Os pães, no seu processamento, permitem o acréscimo de quinoa em substituição de parte da farinha de trigo (SKRBIC et al., 2009).

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Preparação das Amostras de Pães

Foram utilizados nas formulações das amostras de pães: farinha de trigo branca (marca Lunar Alimentos, Moinho Sete Irmãos Ltda), fermento biológico fresco (marca Fleischmann, AB Brasil Ind. E Com. De Alimentos LTDA – Pedreiras - SP), glúten de trigo (marca Windmill Brand, China - Importado por Granolab do Brasil S/A, Curitiba – PR), sal (Norsal, Norte Saleira S/A Indústria e Comércio - U.B.S. Usina de Beneficiamento de Sal, Areia Branca - RN), gordura de palma (Agropalma, Cia. Refinadora da Amazônia, Belém - PA.), açúcar cristal (Alto Alegre, Usina Alto Alegre S/A, Colorado - PR), farinha de soja (Soymax, Perdição S.A., Videira - SC), flocos de quinoa (Obst Trade Comércio Exterior Ltda, Porto Alegre, RS) e um “blend” contendo conservantes, acidulantes, oxidantes e emulsificantes (elaborado e cedido pela empresa Seven Boys – Porto Alegre - RS).

Os pães foram produzidos na empresa Seven Boys, de Porto Alegre, RS, com os equipamentos APV Baker, da cidade de Peterborough, Inglaterra: Estufa descanso Mod. 1530, estufa APV (410/B950072/1), forno APV (457/B950072/1), modeladora de granulação cruzada (530/1BPF950072), misturador TBX Mod. 13, elevador de rosca (1101-03002), sistema de transporte APV (393/1/2/3/4/5BF950072), divisora APV (5000 – 271/BPF930094), modeladora cilíndrica (282/1BF930094), resfriador espiral (BPF950072), fatiadora UBE (90-75), ensacadeira AMF (500 – 50D).

Utilizou-se o método esponja para confecções dos pães de forma. A esponja continha, aproximadamente, metade da quantidade total de farinha de trigo da formulação, um terço do sal, toda a gordura, metade da água, um quarto do “blend”, 55% do glúten e 93% do fermento.

Os ingredientes da esponja foram homogeneizados no misturador por 2 minutos, em primeira velocidade, e por 12 minutos em segunda velocidade. A temperatura final da massa foi de 23°C. A massa-esponja foi fermentada na estufa descanso por 2 horas em temperatura e umidade ambiente. O reforço (restante dos ingredientes) com a esponja fermentada foram homogeneizados por 5 minutos, em primeira velocidade, e por 8 minutos em segunda velocidade até a temperatura final na massa de 25°C.



A formulação básica para a elaboração dos pães de forma encontra-se na Tabela 1.

**Tabela 1** – Formulação básica utilizada para elaboração dos pães de forma utilizados no experimento.

<i>Ingredientes</i>	<i>Quantidade (%)</i>
Farinha de Trigo*	100
Glúten de Trigo	2,38
Sal	1,96
Água	51,19
Fermento	2,80
Gordura de Palma	0,19
Farinha de Soja	0,39
“Blend”	1,63
Açúcar Cristal	5,32

\* Parte da farinha de trigo (zero, 10, 15 e 20%) foi substituída por flocos de quinoa correspondendo, respectivamente ao pão Padrão, P10%, P15% e P20%.

Foram elaboradas bolas de 575g de massa que permaneceram por 11 minutos na boleadora e na esteira de transporte. Os pedaços de 575g de massa passaram pela modeladora e caíram nas formas retangulares adequadas para pães de forma. Foram fermentadas na estufa APV por 108 minutos a 42°C e umidade relativa de 87%. Em seguida, foram colocadas no forno com 210°C por 21 minutos. Após esta etapa, os pães foram resfriados por 70 minutos, fatiados e empacotados.

## 2.2. Análise da Farinha de Trigo

### a) Cor

A cor da farinha de trigo utilizada na confecção dos pães foi determinada no laboratório de Qualidade de Grãos da Embrapa Trigo (Passo Fundo, RS, Brasil) utilizando colorímetro Minolta (Chroma Meter CR-400/410, Konica Minolta, Japão) sendo feitas três leituras por amostra com três repetições. O sistema de cor no espaço utilizado foi CIELAB, que mede três dimensões da cor: L\* que representa a luminosidade, a\* que indica uma tonalidade que vai da verde (-) até a vermelha (+) e b\* indica uma tonalidade do azul (-) até o amarelo (+) (MINOLTA, 1994).

## **b) Alveografia**

As características viscoelásticas da farinha de trigo foram determinadas no Laboratório de Qualidade de Grãos da Embrapa Trigo (Passo Fundo, RS, Brasil) em alveógrafo marca Chopin, modelo NG, utilizando o método n° 54-30 da AACCC (2000). Os parâmetros utilizados para a interpretação do alveograma foram tenacidade (P), que mede a sobrepressão máxima exercida na expansão da massa (mm), extensibilidade (L), que mede o comprimento da curva (mm), relação tenacidade/extensibilidade (P/L), relacionada a configuração e equilíbrio da curva; e energia de deformação da massa (W), que corresponde ao trabalho mecânico necessário para deformar a massa até a ruptura.

## **c) Farinografia**

A característica e aptidão da farinha de trigo no amassamento foi determinada no Laboratório de Qualidade de Grãos da Embrapa Trigo (Passo Fundo, RS, Brasil) em Farinógrafo Brabender, pelo método n° 54-21 da AACCC (2000). Os parâmetros analisados foram estabilidade (minutos), absorção de água (%), tempo de desenvolvimento da massa (minutos) e índice de tolerância à mistura (em unidades farinográficas – UF).

## **2.3. Análise dos Pães**

### **a) Volume Específico**

O volume específico dos pães foi determinado pelo deslocamento de volume conhecido de sementes de painço, obtido pela razão entre o volume (mL) e a massa final dos pães (CLERICI, 1997).

### **b) Cor**

A cor do miolo dos pães foi determinada no Laboratório de Qualidade de Grãos da Embrapa Trigo (Passo Fundo, RS, Brasil) utilizando colorímetro Minolta (Chroma Meter CR-400/410, Konica Minolta, Japão) sendo feitas três leituras por amostra, com três repetições. Da mesma forma que para a farinha de trigo, foi

usado o sistema CIELAB, sendo a diferença de cor ( $\Delta E^*$ ) entre os pães, calculada pela Equação 1:

$$\Delta E^* = \sqrt{[(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]}$$

**Equação 1:** Cálculo da diferença de cor

Onde:  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$  representam a diferença nos valores de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ , respectivamente, entre amostra (pães com quinoa) e padrão. O padrão utilizado neste trabalho foi o pão sem adição de flocos de quinoa.

### **c) Textura**

Os pães foram avaliados quanto à textura após 72, 168 e 264 horas do preparo, o que corresponde ao terceiro, sétimo e décimo primeiro dias de vida de prateleira.

A textura dos pães foi determinada na Universidade Federal de Rio Grande (Rio Grande, RS, Brasil) de acordo com Redlinger et al. (1985), Baker et al. (1986a,b) e Baker e Ponte (1987) sendo feitas 6 leituras com duas fatias de pão de cada amostra no Analisador de Textura, modelo TA-XT2 plus.

## **2.4. Valor Nutricional dos Pães e Flocos de Quinoa**

### **a) Composição Centesimal**

Todas as análises foram feitas em triplicata no Laboratório de Bromatologia do ICTA/UFRGS, e os valores fornecidos como médias. A concentração de proteína foi determinada pelo método semi micro-Kjeldahl (AOAC, 1995; NORMAS, 1985) e o fator de conversão do nitrogênio para proteína foi de 6,25 (KOZIOL, 1992). As quantidades de lipídios, fibra (total, solúvel e insolúvel), cinzas e umidade foram mensuradas de acordo AOAC (1995) e Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (1985). O total de carboidrato foi determinado por diferença (BRASIL, 2003).

### **b) Composição em Ácidos Graxos**

O perfil lipídico foi determinado no CEPPA, da Universidade Federal do

Paraná, de acordo com o método Horwitz (2000), Firestone (1998), Hartman e Lago (1973) e Holland et al. (1991).

### **c) Composição em Aminoácidos**

A determinação da composição em aminoácidos foi realizada no Centro de Química da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (UNESP, Ribeirão Preto, Brasil). A amostra foi desengordurada e hidrolisada, com hidróxido de lítio para medida de triptofano (LUCAS e SOTELO, 1980) e com ácido clorídrico para determinação dos demais aminoácidos. A análise foi realizada por cromatografia iônica com derivação pós-cromatográfica por ninidrina, como descrito por Spackman et al. (1963), utilizando analisador automatizado (ALONSO e HIRS, 1968) para determinação do perfil aminoacídico.

### **d) Concentração de Tocoferóis**

A quantificação de tocoferóis ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ , e  $\delta$ -tocoferóis) foi realizada no Centro de Qualidade Analítica (CQA, São Paulo, Brasil), de acordo com método AOAC (2005) que consiste na saponificação das vitaminas lipossolúveis e análise por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC).

Realizou-se a análise de tocoferóis nos flocos de quinoa e nos pães sem adição de flocos de quinoa e com adição de 20% do pseudocereal, utilizados no experimento biológico feito posteriormente.

### **e) Concentração de Minerais**

O cálcio, o ferro e o zinco foram determinados através de espectroscopia de absorção de chama, enquanto o sódio por fotometria de chama e o fósforo por espectrofotometria conforme AOAC (1980).

## **2.5. Análise Sensorial dos Pães**

A análise sensorial foi realizada em duas etapas. A primeira foi feita com cinquenta degustadores não treinados que avaliaram todos os pães desenvolvidos (com zero, 10, 15 e 20% de flocos de quinoa em relação à quantidade de farinha de

trigo), utilizando escala hedônica de nove pontos, tendo em um extremo a qualificação “desgostei muitíssimo”, no centro “indiferente” e na outra extremidade “gostei muitíssimo” (MEILGAARD et al., 1991).

O Índice de Aceitabilidade foi calculado de acordo com o mesmo autor através da seguinte expressão matemática (Equação 2):

$$IA \% = \frac{X \cdot 100}{N}$$

**Equação 2:** Índice de aceitabilidade

Onde: X = média de cada amostra

N = nota máxima, de cada amostra, dada pelos provadores.

A segunda etapa da análise sensorial foi realizada com sessenta degustadores não treinados que avaliaram somente os pães com 15% e 20% de flocos de quinoa, usando a mesma escala hedônica de nove pontos.

## 2.6. Análise Estatística

A análise estatística foi realizada para volume específico, cor, textura, análise sensorial e composição em aminoácidos dos pães através da ANOVA e, quando houve diferença significativa entre as médias, aplicou-se o teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1. Caracterização da Farinha de Trigo

A farinha de trigo utilizada no experimento, em relação a cor, apresentou luminosidade ( $L^*$ ) de 92,84 e valores para as coordenadas de cromaticidade  $a^*$  de -0,13 e  $b^*$ , 9,92, sendo portanto, considerada como farinha clara com tendência para o amarelo (pode-se considerar farinha branca aquela com  $L^* > 93$ ,  $a^*$  próximo a zero, seja positiva ou negativa e  $b^* < 9$ ).

Pelas avaliações de alveografia, verificou-se força de glúten (W) de  $292 \times 10^4$ J e relação P/L de 1,19. Segundo Guarienti (1996), a farinha utilizada pode ser

caracterizada quanto às características do glúten, como de força média a forte ( $201 - 300 \times 10^4 J$ ) e glúten balanceado, ou seja, com características equilibrada de extensibilidade e elasticidade ( $P/L = 0,61 - 1,20$ ).

Os resultados de farinografia, tempo de desenvolvimento da massa 13,5 minutos, estabilidade 18,1 minutos e índice de tolerância de 21 UF, segundo Thys (2002) classificam a farinha como muito forte.

De acordo com Thys (2002), uma farinha panificável apresenta absorção de água (AA) maior que 55%; tempo de desenvolvimento da massa (TDM) de 8 a 12 minutos; e força de glúten (W) de 180 a  $275 \times 10^4 J$ . A farinha de trigo analisada apresentou baixa AA (54,9%), TDM superior (13,5 min) e W superior ( $292 \times 10^4 J$ ) a uma farinha padrão. Dessa forma, adicionou-se, à formulação dos pães de forma, glúten de trigo com intuito de obter maior absorção de água e maior volume específico (pães mais leves); ácido ascórbico (contido no “blend”) para maior tenacidade e mesmas funcionalidades mencionadas ao glúten de trigo; e estearoil lactil lactato de sódio (contido no “blend”) para reforçar as propriedades físicas da massa e conseqüentemente a retenção dos gases (QUAGLIA, 1991; VITTI, 2001).

### 3.2. Caracterização dos Pães de Forma

As amostras dos pães, para os tratamentos utilizados, diferiram entre si ( $p \leq 0,05$ ) com relação ao volume específico (Figura 1), estando de acordo com resultados encontrados por Lorenz et al. (1995).



Padrão	P10%	P15%	P20%
$5,20 \pm 0,03^a$	$4,91 \pm 0,11^b$	$4,37 \pm 0,07^c$	$4,06 \pm 0,04^d$

(mL/g)

**Figura 1.** Foto dos pães elaborados com e sem adição de quantidades crescentes de quinoa, com suas respectivas médias e desvio padrão do volume específico.

O pão padrão obteve o maior escore para volume específico, enquanto o menor escore foi apresentado pelo pão com 20% de flocos de quinoa, pois a quinoa não possui glúten (GORINSTEIN et al., 2008; LEÓN e ROSELL, 2007). Além disso,

interações entre as proteínas (glutenina e gliadina) da farinha de trigo e as fibras podem impedir a expansão do pão durante o período de fermentação (BRASIL, 2006). Dessa forma, pelo efeito da fibra, o ar “escapa” deixando o pão mais denso com menor volume. Assim, quanto maior a substituição de farinha de trigo por flocos de quinoa, menor o volume específico do pão de forma resultante, como pode ser visualizado na Figura 1.

A avaliação de cor dos pães encontra-se na Tabela 2. Para o parâmetro luminosidade ( $L^*$ ) não houve diferença estatística significativa entre o pão padrão e os pães com quinoa, ou seja, os pães foram semelhantes quanto a  $L^*$ . Porém os pães diferiram significativamente tanto em relação ao parâmetro  $a^*$  e quanto ao parâmetro  $b^*$ . Percebeu-se que o pão padrão dentre todos apresentou maior tendência a intensidade da cor vermelha ( $>a^*$ ) e menor para a intensidade amarela ( $<b^*$ ). À medida que aumentou a substituição da farinha de trigo por flocos de quinoa, a diferença de cor dos pães ( $\Delta E^*$ ) com quinoa em relação ao pão padrão foi menor para a coordenada  $a^*$ , porém maior para a  $b^*$ .

A cor do miolo dos pães com 10, 15 e 20% de flocos de quinoa diferiu estatisticamente do pão padrão e os pães com quinoa diferiram entre si, conforme pode ser observado pelos valores de  $\Delta E^*$  (Tabela 2). A diferença de cor do miolo dos pães P10% e P15% foi menor (2,17 e 2,73, respectivamente) em relação ao padrão que para o P20% (3,48), que diferiu mais do padrão.

**Tabela 2** – Médias e desvio padrão de cor do miolo dos pães padrão e dos elaborados com flocos de quinoa.

Pão	Parâmetros de Cor			$\Delta E^*$
	$L^*$	$a^*$	$b^*$	
Padrão	77,14 $\pm$ 0,86 <sup>a</sup>	1,84 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>	16,51 $\pm$ 0,02 <sup>d</sup>	-
P10%	77,09 $\pm$ 0,64 <sup>a</sup>	1,26 $\pm$ 0,06 <sup>d</sup>	18,53 $\pm$ 0,06 <sup>c</sup>	2,17 $\pm$ 0,10 <sup>c</sup>
P15%	76,74 $\pm$ 0,43 <sup>a</sup>	1,34 $\pm$ 0,03 <sup>c</sup>	19,13 $\pm$ 0,17 <sup>b</sup>	2,73 $\pm$ 0,16 <sup>b</sup>
P20%	75,52 $\pm$ 0,36 <sup>a</sup>	1,47 $\pm$ 0,03 <sup>b</sup>	19,56 $\pm$ 0,06 <sup>a</sup>	3,48 $\pm$ 0,21 <sup>a</sup>

Médias com letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ), entre as amostras.

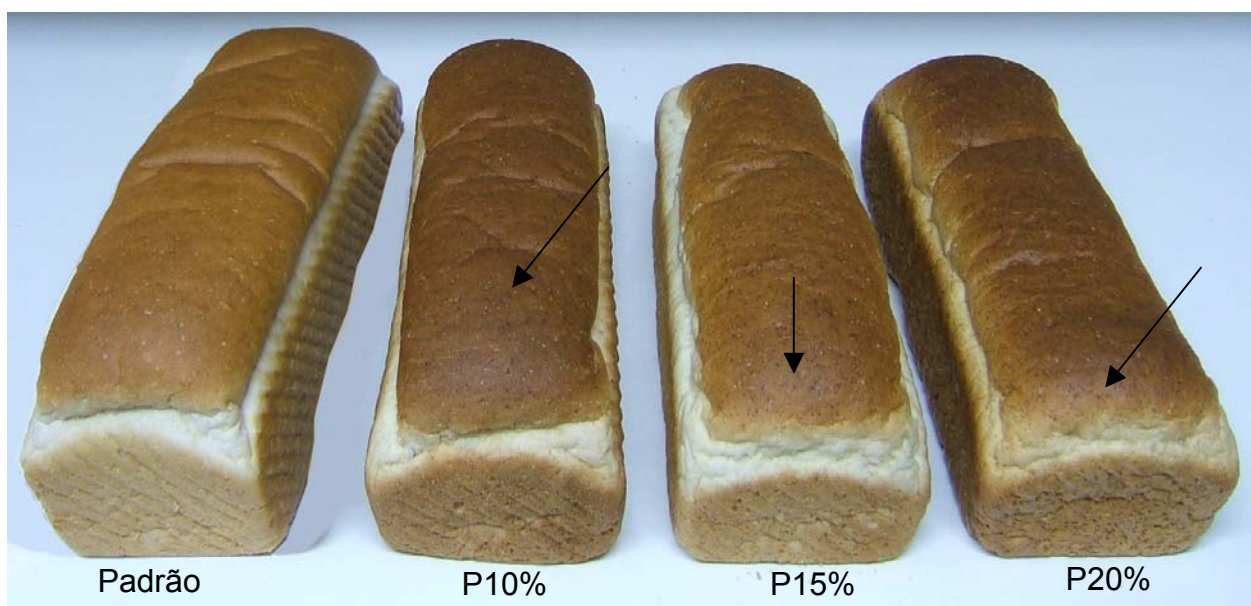
Onde:  $L^*$ = luminosidade;  $a^*$  e  $b^*$ = coordenadas de cromaticidade e  $\Delta E^*$ = diferença de cor (no sistema CIELAB).

Verificou-se que a cor do miolo dos pães foi influenciada diretamente pela formulação, pois à medida que aumentou a porcentagem de substituição da farinha de trigo por flocos de quinoa, o miolo dos pães apresentou tendência a ser mais

escuro ( $<L^*$ ), com menores valores de  $a^*$  (tendência a ser menos vermelho) e maiores de  $b^*$  (mais amarelado).

Além disso, devido ao processamento, ocorrem várias transformações nos pães que dependem da composição de nutrientes dos ingredientes. A adição da quinoa no pão proporcionou diferenças verificadas pelos resultados obtidos do volume específico, como também foram observados pontos pretos somente na crosta dos pães com adição de flocos de quinoa (Figura 2).

Através da Figura 2, pode-se verificar visualmente diferença de cor nas crostas dos pães. A cor da crosta depende tanto de fatores do processo (pH, temperatura do cozimento, umidade), que foram mantidos constantes, como também da quantidade de açúcar e de aminoácidos presentes, da variedade desses compostos (CALVEL, 1987; QUAGLIA, 1991). Logo, todos os nutrientes disponíveis dos pães são determinantes para sua coloração marrom mais ou menos intensa (QUAGLIA, 1991).



**Figura 2.** Foto de pães elaborados sem e com substituição de parte da farinha de trigo por flocos de quinoa.

As setas indicam pontos pretos na crosta dos pães adicionados de flocos de quinoa.

A textura também está diretamente relacionada aos ingredientes da formulação assim como seu balanceamento (BANNWART, 2001).

Na Tabela 3 observam-se os valores médios e desvio padrão da textura dos pães em relação à vida de prateleira.



**Tabela 3** – Médias e desvio padrão da análise de textura dos pães elaborados sem e com quantidades crescentes de flocos de quinoa.

<b>Pão</b>	<b>Vida de Prateleira / Maciez (força máxima – g)</b>		
	<b>3 dias</b>	<b>7 dias</b>	<b>11 dias</b>
Padrão	340,15 ± 44,93 <sup>aA</sup>	417,19 ± 44,17 <sup>aA</sup>	514,49 ± 51,17 <sup>aA</sup>
P10%	361,29 ± 12,49 <sup>aA</sup>	578,50 ± 75,48 <sup>bB</sup>	821,34 ± 202 <sup>bC</sup>
P15%	467,39 ± 41,92 <sup>aA</sup>	643,29 ± 86,09 <sup>bAB</sup>	785,25 ± 132 <sup>cB</sup>
P20%	547,42 ± 37,22 <sup>bA</sup>	655,59 ± 100 <sup>bAB</sup>	812,07 ± 86,57 <sup>dB</sup>

\*Letras minúsculas iguais na mesma coluna não tem diferença estatística ( $p \leq 0,05$ ).

\*Letras maiúsculas iguais na mesma linha não tem diferença estatística ( $p \leq 0,05$ ).

Após três dias de vida de prateleira, o pão 20% de flocos de quinoa apresentou diferença estatisticamente significativa em relação à textura dos outros pães (menor maciez) (Tabela 3). Interações entre as proteínas (glutenina e gliadina) da farinha de trigo e as fibras contidas no produto podem impedir a expansão do pão durante o período de fermentação (BRASIL, 2006). As fibras furam as bolhas de ar no processo de fermentação diminuindo o volume do pão e, conseqüentemente, tornando-o mais compacto, menos macio. Logo, o pão P20% apresentou menor maciez em virtude do maior teor de fibra em relação aos outros pães (Tabela 4).

**Tabela 4** – Composição dos flocos de quinoa e dos pães desenvolvidos sem e com adição de quantidades crescentes de flocos de quinoa.

<b>Composição Química (g/100g – base seca)</b>	<b>Flocos de Quinoa</b>	<b>Padrão</b>	<b>P10%</b>	<b>P15%</b>	<b>P20%</b>
Carboidratos	69,21	78,93	75,77	75,36	73,28
Proteína	13,32	13,33	15,61	15,73	17,41
Lipídios	5,54	1,31	1,50	1,85	1,73
Fibra Alimentar Total	9,82	3,39	3,77	3,91	4,24
Fibra Alimentar Solúvel	5,45	1,72	1,06	1,15	1,55
Fibra Alimentar Insolúvel	4,37	1,67	2,71	2,77	2,69
Cinzas	2,11	3,04	3,34	3,15	3,34

O pão padrão, composto somente por farinha de trigo, ao longo do seu “shelf-life”, não diferiu estatisticamente na textura, ao contrário do ocorrido nos pães elaborados com flocos de quinoa. Dessa maneira, observou-se que o balanceamento da formulação é de total importância uma vez que o ingrediente

parcialmente substituído é composto por proteínas que formam o glúten e outros nutrientes que atuam nas reações que resultam no pão propriamente dito.

O teor de proteína influencia no endurecimento do pão devido a interações entre o glúten e o amido. A formação de dextrinas de baixo peso molecular resulta em modificação da estrutura do amido e conseqüentemente na interação entre amido e glúten (WITCZAK et al. 2010). Nos pães formulados pode ter ocorrido diferenças nessas interações em virtude da quantidade de glúten (menor quanto maior a adição de quinoa), como também devido a presença da enzima  $\alpha$ -amilase. De acordo com Lorenz et al. (1995), pães adicionados de 5% de farinha de quinoa, em substituição a de trigo, aumentaram o volume específico em relação ao pão composto somente for farinha de trigo, provavelmente, devido a alta atividade da enzima  $\alpha$ -amilase responsável pela formação de dextrinas de baixo peso molecular.

Segundo Witczak et al. (2010), as propriedades características de cada amido interferem na textura, pois os pequenos grânulos de amido da farinha de quinoa ( $< 2\mu\text{m}$ ) apresentam-se na forma poligonal enquanto na farinha de trigo, a forma é oval (ALVAREZ-JUBETE et al., 2010). Apesar do amido da quinoa e do trigo iniciarem o processo de gelatinização em temperaturas semelhantes, devido às diferenças existentes na estrutura dos amidos, a pasta de amido do pseudocereal apresenta maior viscosidade em relação ao do trigo nas mesmas condições (KOZIOL, 1992).

A gordura também atua na textura do pão evitando a retrogradação do amido, através da formação de complexos com este (ALVAREZ-JUBETE et al., 2010; BRASIL, 2006). Ácidos graxos, como monoglicerídeos, formam complexos com a amilose limitando o intumescimento do amido durante seu cozimento em solução. Como resultado, ocorre a ligação entre os grânulos de amido e a amilose em solução deixando o pão com estrutura mais macia (ALVAREZ-JUBETE et al., 2010).

A farinha de quinoa apresenta textura macia proveniente do teor de lipídios presentes. Porém, quando utilizada na elaboração de pães, confere ao miolo fraca estrutura (ALVAREZ-JUBETE et al., 2010). Logo, as reações do processamento ocorrerão mais facilmente interferindo nas características reológicas do produto final como observado. Dessa forma, verifica-se que vários fatores e reações podem estar relacionados com o envelhecimento dos pães.

Ressalta-se a importância do balanceamento da formulação e sua padronização, pois qualquer alteração no equilíbrio dos ingredientes pré-estabelecidos pode resultar não só em alterações de propriedades reológicas (textura, cor, volume) como também na composição nutricional.

Os flocos de quinoa apresentaram em média 13,32% de proteína. Resultado semelhante foi encontrado por León e Rosell (2007) que reportaram a quantidade entre 11 a 15% de proteína, em peso seco, na quinoa (Tabela 4).

O pseudocereal foi adicionado aos pães e o teor de proteína determinado. Os resultados das amostras sem e com quantidade crescente de quinoa continham 8,46; 10,18; 10,29 e 11,25% de proteína, em base úmida, respectivamente. Devido a essa quantidade elevada de proteína, os pães podem ser classificados como fonte protéica para o padrão e alto teor protéico para os pães com quinoa (BRASIL, 1998). O maior teor de proteína foi observado no pão 20% de quinoa, onde ocorreu um aumento de 30,90% na quantidade desse componente em relação ao pão padrão (Tabela 4).

Em trabalho realizado por Schumacher (2008), houve incremento no teor de proteína quando da adição, no final do processo, de 20% de quinoa na elaboração de chocolate. O perfil de aminoácidos da proteína em questão elevou-se quando comparado ao chocolate padrão. Esse resultado não foi corroborado no desenvolvimento das amostras de pães com o pseudocereal (Tabela 5).

**Tabela 5** – Média e desvio padrão da análise da composição de aminoácidos essenciais dos flocos de quinoa e dos pães elaborados sem e com adição de quantidades crescentes de flocos de quinoa.

<i>Aminoácido</i>	<i>Flocos de Quinoa</i>	<i>Padrão</i>	<i>P10%</i>	<i>P15%</i>	<i>P20%</i>
<i>(mg aminoácidos / g proteína)</i>					
Histidina*	33,33±1,27	27,11±0,01 <sup>a</sup>	24,17±0,39 <sup>c</sup>	22,57±0,01 <sup>b</sup>	24,57±0,29 <sup>c</sup>
Isoleucina	41,10±0,48	30,08±1,00 <sup>c</sup>	31,48±0,23 <sup>bc</sup>	36,52±0,01 <sup>a</sup>	32,40±0,10 <sup>b</sup>
Leucina	76,76±0,09	69,02±0,24 <sup>c</sup>	70,80±0,40 <sup>b</sup>	74,55±0,14 <sup>a</sup>	68,02±0,37 <sup>c</sup>
Lisina	59,19±0,30	18,01±0,32 <sup>a</sup>	15,78±0,06 <sup>c</sup>	15,60 ±0,40 <sup>c</sup>	14,17±0,08 <sup>b</sup>
Metionina	18,92±0,46	21,17±0,21 <sup>a</sup>	19,59±0,29 <sup>a</sup>	17,31 ±0,16 <sup>b</sup>	17,45±0,55 <sup>b</sup>
Cistina	10,60± 0,11	14,82±0,15 <sup>a</sup>	12,38±0,04 <sup>b</sup>	11,97 ±0,11 <sup>b</sup>	11,81±0,23 <sup>b</sup>
Fenilalanina	48,64±0,39	48,52±0,25 <sup>bc</sup>	49,52±0,57 <sup>ac</sup>	50,51±0,03 <sup>a</sup>	47,85±0,16 <sup>b</sup>
Tirosina	34,56±0,12	29,42±0,23 <sup>a</sup>	27,51±0,17 <sup>b</sup>	29,69±0,28 <sup>a</sup>	25,41±0,23 <sup>c</sup>
Treonina	49,35±0,92	34,18±0,19 <sup>a</sup>	34,12±0,42 <sup>a</sup>	34,20±0,28 <sup>a</sup>	33,23±0,19 <sup>a</sup>
Triptofano	6,59±0,06	15,94±0,00 <sup>b</sup>	18,88±0,12 <sup>a</sup>	14,51±0,04 <sup>c</sup>	18,66±0,21 <sup>a</sup>
Valina	48,99±0,45	33,50±0,23 <sup>a</sup>	33,40±0,35 <sup>a</sup>	38,18±0,63 <sup>b</sup>	33,91±0,14 <sup>a</sup>

\*Essencial para crianças.

Médias com letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ), entre as amostras.

Alterações nutricionais em pães de forma ocorrem somente na superfície superior, pois a forma protege a massa principal do pão de mudanças nutricionais substanciais, com exceção das vitaminas (FELLOWS, 2006).

Durante a etapa de cozimento, a crosta forma-se, torna-se espessa e a caramelização dos açúcares residuais, associada à reação desses açúcares com as substâncias protéicas (reação de Maillard) provoca sua coloração (CALVEL, 1987). É reação química entre aminoácido ou proteína e carboidrato reduzido, obtendo-se produtos que dão sabor, odor (“flavor”) e cor aos alimentos (GERRARD, 2002).

A reação de Maillard depende tanto das condições do processo de elaboração dos pães quanto dos nutrientes (CALVEL, 1987). O primeiro aspecto foi mantido constante para todas as amostras, porém, devido à adição de quinoa, ocorreram mudanças na composição. Repo-Carrasco et al. (2003) reportam que a quinoa possui açúcares como glicose (1,7g), frutose (0,2g), sacarose (2,9g por 100g de matéria seca). Segundo González-Mateo et al. (2009), o açúcar envolvido na reação de Maillard tem importância no tipo de produto formado. Poinot et al. (2010) mencionam a possibilidade de se prever os produtos formados na reação de Maillard analisando características físicas da crosta, como atividade de água, umidade e luminosidade. Fellows (2006) reporta que a razão entre a área superficial e o volume dos pães é um importante fator para determinar a perda total dos nutrientes. No experimento realizado, os pães obtiveram volumes específicos com diferença estatisticamente significativa.

Percebeu-se que a mudança no perfil de aminoácidos dos pães elaborados relacionou-se com a quantidade e tipo de açúcares e aminoácidos presentes, com o processo de elaboração, porém as características do produto, neste trabalho, devido ao balanceamento dos ingredientes na formulação, foram primordiais para definir, de certa forma, o perfil de aminoácidos, pois os parâmetros de processo foram mantidos constantes. Dessa maneira, as características dos produtos possivelmente estão correlacionadas com a intensidade da reação de Maillard que pode ocorrer, levando-se em consideração os comentários de Poinot et al. (2010) e Fellows (2006).

Os pães desenvolvidos apresentaram balanceamento adequado de aminoácidos essenciais na proteína (Tabela 5), com valores acima do mínimo recomendado (Tabela 6), exceto para o aminoácido lisina nos pães adicionados de flocos de quinoa. Como o pão padrão atende praticamente a quantidade mínima de lisina estipulada, vale ressaltar que este aminoácido é perdido nas reações de

Maillard cujo grau de perda aumenta com temperaturas mais altas, maiores tempos de assamento e quantidades maiores de açúcares (FELLOWS, 2006).

**Tabela 6** – Requerimento de Aminoácido preconizado pela FAO.

<i>Aminoácido (mg aminoácidos / g proteína)</i>	<i>Requerimento de Aminoácido Para Adulto<sup>1</sup></i>
Histidina*	15
Isoleucina	15
Leucina	21
Lisina	18
Metionina + Cistina	20
Fenilalanina + Tirosina	21
Treonina	11
Triptofano	5
Valina	15

Fonte: <sup>1</sup>WHO (2002)

\*Essencial para crianças.

Ao analisar as quantidades de aminoácidos em quatro fatias de pães (100g), consumo razoável deste produto por dia, verificou-se que o pão 20% apresentou incremento na quantidade de aminoácidos em relação ao pão padrão devido a maior quantidade de proteína, 17,41%, (Tabela 7), resultando no atendimento das necessidades diárias dos aminoácidos: leucina, fenilalanina + tirosina, treonina e triptofano, para uma pessoa de 80kg (Tabela 7).

A proteína dos flocos de quinoa, apesar de não ser considerada de elevado valor biológico, pois apresentou um aminoácido limitante, o triptofano, quando comparada com a caseína, possui adequado equilíbrio de aminoácidos essenciais recomendado pela FAO (WHO, 2002) (Tabela 6). Além disso, a quinoa destaca-se como importante fonte de proteínas devido a sua digestibilidade. Em experimentos com ratos verificou-se, através de análise do coeficiente de eficácia protéica, digestibilidade verdadeira e balanço de nitrogênio, a semelhança entre a eficiência da proteína da quinoa e a do leite (RANHOTRA et al., 1993), sendo este resultado também apresentado em estudo com humanos, utilizando tanto semente como farinha do pseudocereal (KOZIOL, 1992).

O processamento da quinoa influi diretamente no coeficiente de eficácia protéica (PER). Segundo apontamentos de Koziol (1992), diversos pesquisadores verificaram que, independente do tipo de processamento (lavagem, cozimento,

extrusão), a temperatura utilizada influenciava no aumento do PER. Além disso, encontrou PER (como percentual da caseína) para farinha de trigo de 32 enquanto que para a mistura, 80% de farinha de trigo com 20% de farinha de quinoa, de 55. Uma das etapas de elaboração dos pães é o forneamento, a temperatura do miolo destes produtos é inferior a 100°C e da crosta pode estar entre 120°C – 140°C (QUAGLIA, 1991).

As proteínas dos pães não apresentam elevado valor biológico, porém, se a ingestão for acompanhada por outros alimentos ricos em aminoácidos deficitários no pão, aumenta-se a porcentagem protéica e melhora-se a qualidade da proteína. Assim, ao adicionar em 100g de pão 0,11g de lisina, a proteína poderá participar da formação de novas células (QUAGLIA, 1991). A adição dos flocos de quinoa auxiliou o incremento de 2,79% no teor de lisina do pão 20% (246,7 mg/100g de pão) em relação ao pão padrão (240,01 mg/100g de pão) (Tabela 7).

**Tabela 7** – Necessidade de aminoácidos essenciais para adultos e perfil aminoacídico dos pães sem e com adição crescente de flocos de quinoa.

<i>Aminoácido</i>	<i>Necessidade de</i>				
	<i>Aminoácidos Para</i>	<i>Padrão<sup>1</sup></i>	<i>P10%<sup>1</sup></i>	<i>P15%<sup>1</sup></i>	<i>P20%<sup>1</sup></i>
	<i>Adultos</i>				
	<i>(mg/kg/dia)</i>	<i>(mg aminoácidos / 100g pão)</i>			
Histidina <sup>2</sup>	8 (640)	361,31	377,22	355,03	427,68
Isoleucina	10 (800)	400,97	491,32	574,38	564,08
Leucina	14 (1120)	920,04	1105,19	1172,67	1184,14
Lisina	12 (960)	240,01	246,33	245,31	246,70
Metionina + Cistina	13 (1040)	479,61	498,97	460,50	509,33
Fenilalanina + Tirosina	14 (1120)	1038,81	1202,44	1261,55	1275,28
Treonina	7 (560)	455,55	532,61	537,97	578,45
Triptofano	3,5 (280)	212,48	294,64	228,16	324,87
Valina	10 (800)	446,56	521,30	600,49	590,37

\* Valores em parênteses indicam a estimativa de requerimento de aminoácidos (mg/80kg/dia) para adultos pela FAO (WHO, 2002). <sup>1</sup>Valores calculados com base no teor protéico e composição de aminoácidos da proteína de cada pão. <sup>2</sup>Essencial para crianças.

A Tabela 8 apresenta a composição de ácidos graxos dos flocos de quinoa e dos pães desenvolvidos.

Os pães com adição de flocos de quinoa apresentaram maior teor de gordura

em relação ao padrão (45,78%). Apesar dos flocos apresentarem 82,71% de ácidos graxos insaturados, a proporção desses ácidos graxos em relação aos saturados nos pães manteve-se praticamente constante, na ordem de 45 a 50%. Isso possivelmente ocorreu em função da pequena quantidade de quinoa adicionada aos pães.

Apesar do acréscimo de gordura de palma nos pães, todas as amostras podem ser classificadas como baixo teor de gordura (máximo 3g de gordura / 100g de produto) (BRASIL, 1998).

**Tabela 8** – Lipídios totais e composição em ácidos graxos dos flocos de quinoa e dos pães elaborados sem e com quantidades crescentes de flocos de quinoa.

	<b>Flocos de</b>	<b>Padrão</b>	<b>P10%</b>	<b>P15%</b>	<b>P20%</b>
	<b>Quinoa</b>				
<b>Lipídios Totais (g/100g - base úmida)</b>	4,88	0,83	0,98	1,21	1,12
<b>Composição dos ácidos graxos (g/100g – base úmida)</b>					
<b>Saturados</b>	1,29	0,40	0,44	0,57	0,53
Palmítico	0,85	0,32	0,30	0,37	0,37
Estearico	0,10	0,07	0,11	0,16	0,13
<b>Monoinsaturados</b>	2,28	0,26	0,26	0,36	0,34
Oléico	2,08	0,26	0,26	0,34	0,33
<b>Poliinsaturados</b>	0,97	0,13	0,10	0,14	0,14
Linolênico	0,03	-	-	0,01	0,01
Linoléico	0,82	0,13	0,09	0,13	0,12

Os flocos de quinoa adicionados também incrementaram o teor de fibras dos pães (Tabela 4) devido ao alto teor deste componente na sua composição química. As fibras insolúveis aumentaram nos pães com adição do pseudocereal enquanto as fibras solúveis diminuíram em relação ao padrão. Este resultado corrobora com outros encontrados na literatura que mencionam uma possível hidrólise das fibras solúveis pelas enzimas produzidas pelo fermento ou / como também uma parcial destruição dessas durante o cozimento (BRASIL, 2006).

Além desses constituintes mencionados, os cereais e produtos a base de cereais apresentam tocoferóis, antioxidantes naturalmente presentes em alimentos de origem vegetal (TIWARI e CUMMINS, 2009).

A Tabela 9 apresenta a quantidade de tocoferóis encontrados nos flocos de quinoa e nos pães padrão e P20%.

**Tabela 9** – Médias da quantidade e tipos de tocoferóis encontrados nos flocos e nos pães padrão e com 20% de quinoa sobre a farinha.

<i>Tocoferóis (mg/100g)</i>	<i>Flocos de Quinoa</i>	<i>Padrão</i>	<i>P20%</i>
$\alpha$ (Alfa)	2,14	7,64	9,50
$\beta$ (Beta)	0,43	<0,08	<0,08
$\gamma$ (Gama)	2,95	17,47	23,20
$\delta$ (Delta)	0,56	9,32	14,79

O pão padrão apresentou tocoferóis porque estes estão presentes em cereais como o trigo, aveia, arroz, cevada e centeio. No entanto, os níveis de tocoferóis são influenciados pelo genótipo, ambiente, insumos agrônômicos e da interação desses fatores (TIWARI e CUMMINS, 2009).

Para os mesmos autores, a perda de tocoferóis na panificação pode ser atribuída à incorporação de ar na massa na etapa de mistura / amassamento como também pelo calor no cozimento.

Observou-se que o teor de tocoferóis nos flocos de quinoa é extremamente representativo uma vez que o pão 20% apresentou maiores quantidades de  $\alpha$ ,  $\gamma$  e  $\delta$ -tocoferóis do que o padrão. O armazenamento de produtos processados com calor possui maior estabilidade, provavelmente devido à inativação da enzima lipoxigenase, responsável pela oxidação dos tocoferóis (TIWARI e CUMMINS, 2009).

Os pães analisados possuíam elevadas quantidades de  $\delta$ ,  $\gamma$ -tocoferóis (maior poder antioxidante) e quantidade almejada de  $\alpha$ -tocoferol, uma vez que este tipo no P20% representa 79% do requerimento de vitamina E por dia (12mg). Além disso, o  $\alpha$ -tocoferol reduz o risco do câncer, doenças do coração, enquanto o  $\gamma$  inibe a proliferação de células cancerígenas (TIWARI e CUMMINS, 2009).

A Tabela 10 apresenta a composição de minerais dos flocos de quinoa e dos pães elaborados.

Os minerais devem ser suplementados na alimentação porque o corpo não consegue sintetizar (SKRBIC et al., 2009). Pelos resultados das análises, todos os pães elaborados podem ser considerados fonte de ferro e zinco, como também alimentos com alto teor de fósforo (BRASIL, 1998; BRASIL, 2005).

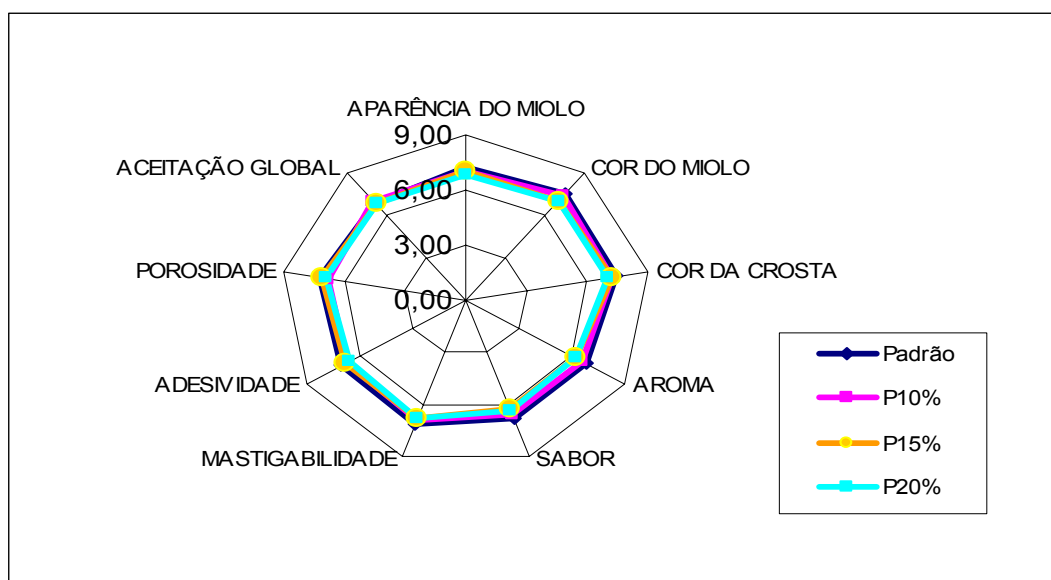


**Tabela 10** – Médias da quantidade de minerais nos flocos de quinoa e nos pães elaborados com quantidades crescentes de flocos.

<b>Minerais (mg/100g)</b>	<b>Flocos de Quinoa</b>	<b>Padrão</b>	<b>P10%</b>	<b>P15%</b>	<b>P20%</b>
<b>Cálcio</b>	22,10	87,97	89,82	94,79	91,58
<b>Ferro</b>	6,52	3,53	2,71	3,61	3,37
<b>Fósforo</b>	421,95	207,12	173,17	193,54	202,60
<b>Sódio</b>	25	377,61	384,13	393,90	401,16
<b>Zinco</b>	0,57	1,05	1,02	1,25	1,24

A farinha de trigo não foi analisada quanto ao teor de minerais e levantou-se a possibilidade dela possuir maior teor de ferro e fósforo do que os flocos de quinoa, pois quanto maior a adição do pseudocereal nos pães mais próximos foram os valores desses minerais em relação ao pão padrão. A adição dos flocos de quinoa aumentou o teor de sódio e de cálcio dos pães.

Os pães desenvolvidos foram submetidos à análise sensorial através do teste de Escala Hedônica de nove pontos e os resultados para os parâmetros analisados encontram-se na Figura 3.



**Figura 3.** Perfil de atributos analisados em pães de forma elaborados sem e com quantidades crescentes de flocos de quinoa.

Não houve diferença estatística significativa entre os pães padrão e os elaborados com quantidades crescentes de quinoa em relação aos parâmetros analisados, que tiveram índice de aceitação maior a 70%.

O pão padrão teve, em relação aos outros pães, maior índice de aceitação

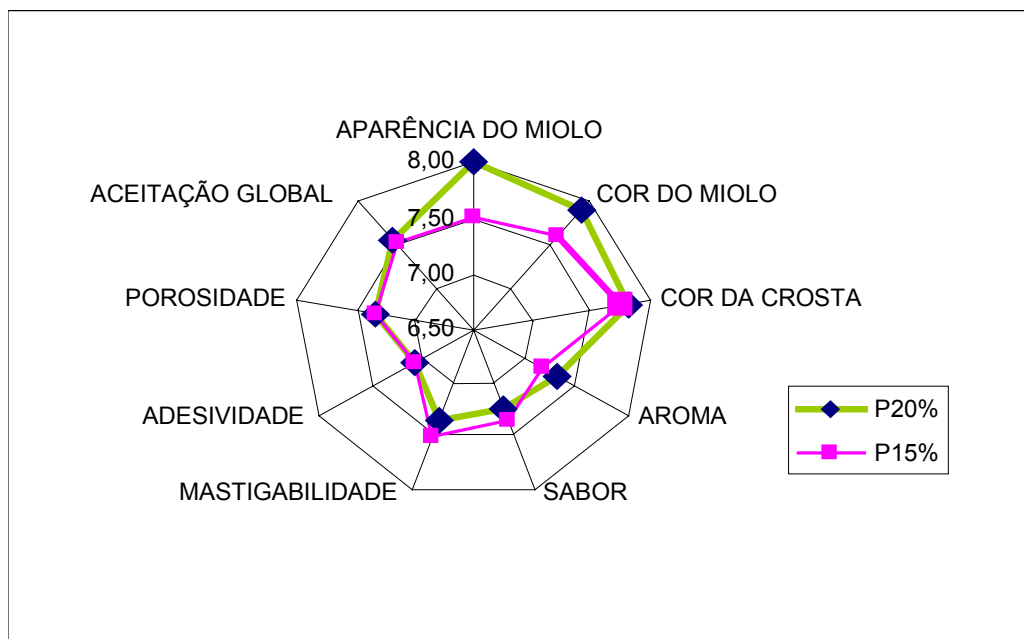
para o atributo cor (83,33%) apresentando maior tendência a luminosidade e a intensidade da cor vermelha ( $a^*$ ) pela caracterização físico-química. Os pães P15% e P20% apresentaram os menores índices para esse atributo, 77,78% e 78,22%, respectivamente. Provavelmente isso ocorreu, pois houve uma descaracterização do chamado pão branco uma vez que os pães com quinoa apresentaram-se mais escuros ( $L^*$ ) e com intensidade a cor amarela ( $b^*$ ).

O pão padrão também apresentou melhor aceitação 79,11% e 78,00% para os parâmetros mastigabilidade e adesividade, respectivamente, corroborando com o menor valor de textura na análise físico-química (maior maciez). O pão 20% teve a menor aceitação para estes atributos (75,56% e 74%, respectivamente), possivelmente devido a menor maciez.

Com base nas observações das fichas da análise sensorial (Apêndice 1) pôde-se verificar que os degustadores perceberam diferença no sabor entre os pães, mas apreciaram o pão 20%, relatando terem sentido sabor de “feito em casa”. Existem mais de 300 compostos voláteis no pão que influenciam no aroma e sabor (HEENAN et al., 2009). Alguns destes compostos podem ser provenientes da substituição de parte da farinha de trigo por flocos de quinoa, em virtude da diferença de substratos para a fermentação e a reação de Maillard (BANNWART, 2001; VITTI, 2001). A diferença encontrada no volume específico dos pães, devido a menor quantidade de glúten e maior quantidade de fibra nos que continham quinoa, relaciona-se com essas características organolépticas, pois a capacidade de retenção de gás pela massa em função da elasticidade proporcionada pelo glúten influencia em maior ou menor volatilização de substâncias aromáticas (QUAGLIA, 1991).

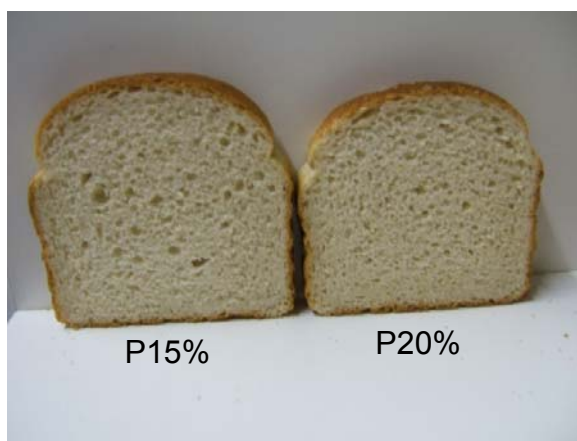
Lorenz et al. (1995) mencionaram a aceitação positiva das características internas e externas de pães com adição de 5 e 10% de farinha de quinoa em relação a de trigo. Assim, em virtude dos resultados observados na análise sensorial dos pães, que não tiveram diferença estatística significativa, em nenhum dos parâmetros analisados, realizou-se outra análise sensorial, porém apenas com os pães 15% e 20% de quinoa.

Os resultados para os parâmetros analisados nessa análise sensorial encontram-se na Figura 4.



**Figura 4.** Perfil de atributos analisados em pães de forma elaborados sem e com substituição de 15 e 20% da farinha de trigo por flocos de quinoa.

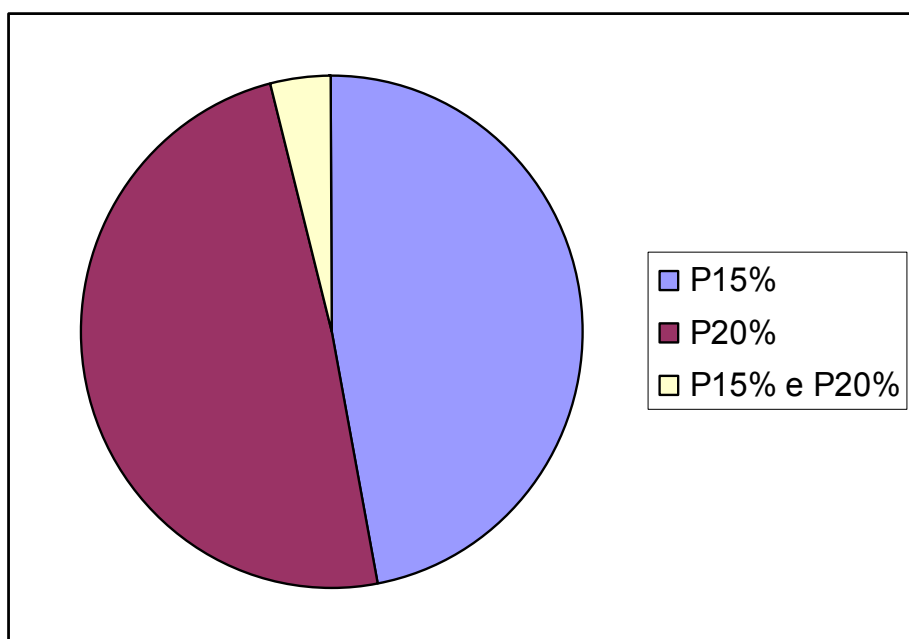
Houve diferença estatística ( $p \leq 0,05$ ) entre as amostras P15% e P20% para os parâmetros cor e aparência do miolo. O pão 20% apresentou maior índice de aceitabilidade para a aparência (88,89%) e cor (87,78%) do miolo em relação ao pão 15% (83,33%, 84,26%, respectivamente). Koziol (1992), menciona que a adição de farinha de quinoa em pães reduz a porosidade destes. Isso pode ter ocorrido devido a maior quantidade de fibras provenientes da adição dos flocos de quinoa nos pães (Tabela 4). A Figura 5 mostra a aparência do miolo dos pães em análise. Lorenz et al. (1995), relataram o escurecimento do miolo do produto quando trabalharam com substituição de 10, 20 e 30% de farinha de trigo por farinha de quinoa em pães, o que foi comprovado neste trabalho.



**Figura 5.** Foto do miolo dos pães elaborados com 15% e 20% de quinoa sobre a farinha de trigo.

Além disso, os resultados do índice de aceitabilidade de todos os outros parâmetros analisados apresentaram-se semelhantes com exceção da mastigabilidade, 83,48% para o pão 15% e 81,48% para o pão 20%. Observou-se que quanto maior a adição de flocos de quinoa, menor a aceitação deste parâmetro.

No entanto, apesar das diferenças, o índice de aceitabilidade para os dois produtos avaliados ficou acima de 70% para todos os parâmetros, valor indicado por Meilgaard (1991). O índice de aceitação global foi de 83,52% para o pão 15% e de 83,89% para o pão 20%, acordando com a preferência dos degustadores, conforme Figura 6, com base nas observações das fichas da análise sensorial (Apêndice 1). Alguns indivíduos consideraram os pães muito semelhantes, optando pelos dois (parte amarela do gráfico).



**Figura 6.** Preferência por pães com substituição de 15% e 20% da farinha de trigo por flocos de quinoa.

Assim, segundo Koziol (1992), a substituição de farinha de trigo por quinoa acima de 20% acarreta em produtos inaceitáveis, enquanto que para Lorenz et al. (1995), o limite é a partir 30%, principalmente devido ao sabor.

Acredita-se que no produto elaborado seja possível substituir a farinha de trigo por flocos de quinoa somente até 20%, pois foram observadas mudanças reológicas na massa, principalmente na textura, havendo diminuição de aceitação para o atributo mastigabilidade.

## 4. CONCLUSÕES

A substituição de parte da farinha de trigo por flocos de quinoa influenciou tanto as características físicas dos pães (volume, textura e cor) quanto a composição nutricional devido a complexidade do processamento.

Para melhorar as características físicas dos pães com quinoa pode-se adicionar glúten na formulação e para diminuir o teor de sódio, reduzir a quantidade do sal adicionado. Devido ao processamento dos pães, quando da adição de quinoa, houve redução no teor de fibras solúveis, equilíbrio entre ácidos graxos saturados e insaturados, incremento no teor de proteína, apesar da diferença na composição de aminoácido, possivelmente relacionada com a reação de Maillard.

Pela análise sensorial, os pães com quinoa foram aceitos pelos degustadores apesar das mudanças observadas no sabor, na mastigabilidade, na aparência e na cor do miolo, podendo relacioná-las com as análises de cor, textura e volume específico. Em função dessas diferenças, provavelmente, a máxima substituição de farinha de trigo por flocos de quinoa seja de 20% em pães de forma.

Os flocos de quinoa apresentaram características nutricionais desejáveis devido a quantidade e variedade de nutrientes presentes nos pães. A quantidade de alguns nutrientes provenientes dos flocos de quinoa, quando adicionados em pães de forma, não incrementaram a composição nutricional, provavelmente, devido ao processamento deste produto, pois parte dos nutrientes poderá servir de substrato para reações químicas ou ser hidrolisados ou “destruídos” pelo calor.

## REFERÊNCIAS

AACC (AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS). **Approved methods of the American Association of Cereal Chemists**. 9º. ed., Saint Paul: AACC, 2000. CD-ROM.

ALONSO, N.; HIRS, C.H.W. Automation of sample application in amino acid analysers. **Analytical Biochemistry**, New York v. 23, n. 2, p.272 - 278, 1968.

ALVAREZ-JUBETE, L.; AUTY, M.; ARENDT, E. K.; GALLAGHER, E. Baking properties and microstructure of pseudocereal flours in gluten-free bread formulations. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 230, n. 3, p. 437-445, 2010.

AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS). **Official methods of the Association of Official Analytical Chemists**. 13<sup>th</sup> ed. Washington: AOAC, 1980. 384p.

AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS). **Official methods of the Association of Official Analytical Chemists**. 16.ed. Arlington: AOAC, 1995. 2v. (Cap. 4, seção 4.5.0.1)

AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS). **Official methods of the Association of Official Analytical Chemists**. 18<sup>th</sup> ed. Arlington: AOAC, 2005.

BAKER, A. E.; DOERRY, W. T.; KEMP, K. Graphical presentation of Instron factors on crumb firmness. **Cereal Foods World**, Minneápolis, v. 31, n. 3, p. 262-&, 1986a.

BAKER, A. E.; DOERRY, W. T.; KEMP, K. Instron factors involved in measuring crumb firmness. **Cereal Foods World**. Minneápolis, v. 31, n. 2, p. 193-195, 1986b.

BAKER, A. E. & PONTE, J. G. Measurement of bread firmness with the universal testing machine. **Cereal Foods World**, Minneápolis, v. 32, n. 7, p. 491-493, 1987.

BANNWART, A. C. A qualidade na produção de pães. **Aditivos e Ingredientes**. São Paulo, n.13, p. 60-62, 2001.

BERTI, C.; RISO, P.; BRUSAMOLINO, A.; PORRINI, M. Effect on appetite control of minor cereal and pseudocereal products. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 94, n. 5, p. 850 – 858, 2005.

BRASIL, J. A. **Efeito da adição de inulina sobre os parâmetros nutricionais, físicos e sensoriais do pão**. 2006. 65 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição) – Faculdade de Nutrição, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

BRASIL. Portaria nº 27, de 13 de janeiro de 1998. Regulamento Técnico referente à informação nutricional complementar **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Disponível em: < <http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=97&word> =>. Acesso em: 28 dez. 2009.

BRASIL. Resolução RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003. Regulamento técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados, tornando obrigatória a rotulagem nutricional. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Disponível em: <<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=9059&word>>. Acesso em: 28 dez. 2009.

BRASIL. Resolução RDC nº 269, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Disponível em: <<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=18828&word>>. Acesso em: 28 dez. 2009.

CALVEL, R. **O pão francês e os produtos correlates: tecnologia e prática da panificação**. Fortaleza: J. Macedo C.A. Comércio, Administração e Participações, 1987. 287 p.

CLERICI, M. T. P. S. **Efeito de modificações fosfatada, intercruzada e ácida durante a gelatinização por extrusão da farinha de arroz e sua influência na produção de pão sem glúten.** 1997. 253 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.

DOGAN, H.; KARWE, M. V. Physicochemical properties of quinoa extrudates. **Food Science and Technology International**, London, v. 9, n. 2, p. 101 – 114, 2003.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática.** 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 602 p.

FIRESTONE, D. (Ed.) **Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists Society.** 5. ed., Champaign: AOCS, 1998. 1300p.

GERRARD, J. A. Protein–protein crosslinking in food: methods, consequences, applications. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 13, n. 12, p. 391-399, 2002.

GONZÁLEZ-MATEO, S.; GONZÁLEZ-SANJOSÉ, M. L.; MUÑIZ, P. Presence of Maillard products in Spanish muffins and evaluation of colour and antioxidant potential. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v. 47, n. 11, p. 2798-2805, 2009.

GORINSTEIN, S.; LOJEK, A.; CÍZ, M.; PAWELZIK, E.; DELGADO-LICON, E.; MEDINA, O. J.; MORENO, M.; SALAS, I. A.; GOSHEV, I. Comparison of composition and antioxidant capacity of some cereals and pseudocereals. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 43, n. 3, p. 629 – 637, 2008.

GUARIENTI, E.M. **Qualidade Industrial de Trigo.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1996. 36p.

HARTMAN, L.; LAGO, R. C. A. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. **Laboratory Practice**, v. 22, n. 8, p. 475 – 476, 1973.

HEENAN, S. P.; DUFOUR, J-P.; HAMID, N.; HARVEY, W.; DELAHUNTY, C. M. Characterisation of fresh bread flavour: Relationships between sensory characteristics and volatile composition. **Food Chemistry**, London, v. 116, n.1, p. 249-257, 2009.

HOLLAND, B.; WELCH, A. A.; UNWIN, I. D.; BUSS, D. H.; PAUL, A. A.; SOUTHGATE, D. A. T. **McCance and Widdowson's the composition of foods**., 5. ed. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 1991, 462p.

HORWITZ, W. (Ed.) **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists.** 17. ed., Gaithersburg, Maryland: AOAC, p. 20-24, v II, 2000.

KOZIOL, M. J. Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (chenopodium quinoa willd.). **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego v. 5, n. 1, p. 35 – 68, 1992.

LEÓN, A. E.; ROSELL, C. M. **De tales harinas, tales panes: granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica.** 1. ed. Córdoba: Hugo Báez Editor, 2007. 478 p.

LORENZ, K.; COULTER, L.; JOHNSON, D. Functional and sensory characteristics of quinoa in foods. **Developments in Food Science**, Elsevier, v. 37, n. 1 ,p. 1031–1041, 1995.

LUCAS, B.; SOTELO, A. Effect of different alkalies, temperatures and hydrolysis times on tryptophan determination of pure proteins and foods. **Analytical Biochemistry**, New York, v.109, n. 1, p.192 - 197, 1980.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. **Sensory Evaluation Techniques**. 2.ed. Florida, USA: CRC Press, 1991. 354p.

MINOLTA. **Precise color communication**: color control from feeling to instrumentation. Minolta Co Ltd, Osaka, Japão, 1994. 49 p.

NORMAS ANALÍTICAS DO INSTITUTO ADOLFO LUTZ: **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3. ed. São Paulo v.1, 1985. 533p.

NUNES, J. C. **Modificações enzimáticas em pães brancos e pães ricos em fibras: impactos na qualidade**. 2008. 100 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

POINOT, P. ; ARVISENET, G. ; GRUA-PRIOU, J. ; FILLONNEAU, C. ; LE-BAIL, A. ; PROST, C. Influence of inulin on bread: Kinetics and physico-chemical indicators of the formation of volatile compounds during baking. **Food Chemistry**. London, v. 119, n. 4, p. 1474 – 1484, 2010.

QUAGLIA, G. **Ciencia y tecnologia de la panificación**. 1. ed. Espanha: Zaragoza, 1991. 481 p.

RANHOTRA, G. S.; GELROTH, J. A.; GLASER, B. K.; LORENZ, K. J.; JOHNSON, D. L. Composition and protein nutritional quality of quinoa. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 70, n. 3, p. 303 – 305, 1993.

REDLINGER, P. A.; SETSER, C. S.; DAYTON, A. D. Measurements of bread firmness using the Instron universal testing instrument: Differences resulting from test conditions. **Cereal Chemistry**. Saint. Paul, v. 62, n. 3, p. 223-226, 1985.

REPO-CARRASCO, R.; ESPINOZA C.; JACOBSEN, S. E. Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kaniwa (*Chenopodium pallidicaule*). **Food Reviews International**, New York, v. 19, n. 1-2, p. 179 – 189, 2003.

SHUMACHER, A. B. **Desenvolvimento de um chocolate meio amargo com maior percentual de proteína**. 2008. 54 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

ŠKRBIĆ, B.; MILOVAC, S.; DODIG, D.; FILIPCEV, B. Effects of hull-less barley flour and flakes on bread nutritional composition and sensory properties. **Food Chemistry**. London, v. 115, n. 3, p. 982 – 988, 2009.



SPACKMAN, D. H.; STEIN, W. H.; MOORE, S. Automatic recording apparatus for use in the chromatography of amino acids. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 30, n. 7, p.1190 - 1206, 1963.

THYS, R. C. S. **Farinha de trigo para uso em panificação**. 2002. 93 f. Monografia (Graduação Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

TIWARI, U.; CUMMINS, E. Nutritional importance and effect of processing on tocols in cereals. **Trends in Food Science & Technology**, Helsinki, v. 20, n. 11 – 12, p. 511 – 520, 2009.

VITTI, P. Pão. In: **Biotecnologia industrial**. São Paulo: Edgar Blücher, 2001. 4v. vol.4, cap. 13, p.365-386.

WHO. **Protein and amino acid requirements in human nutrition**: report of Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation. Geneva: FAO/WHO/UNU, 2002. 265p. Disponível em:<[http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO\\_TRS\\_935\\_eng.pdf](http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO_TRS_935_eng.pdf)>. Acesso em: 18 dez. 2009. (Who Technical Report Series, 935).

WITCZAK, M.; KORUS, J.; ZIOBRO, R.; JUSZCZAK, L. The effects of maltodextrins on gluten-free dough and quality of bread. **Journal of Food Engineering**, Elsevier, v. 96, n. 2, p. 258-265, 2010.

WRIGHT, K. H.; PIKE, O. A.; FAIRBANKS, D. J.; HUBER, C. S. Composition of atriplex hortensis, sweet and bitter chenopodium quinoa seeds. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 67, n. 4, p. 1383 – 1385, 2002.

## APÊNDICE 1

Modelo da ficha de análise sensorial aplicada para o teste de aceitação.

### TESTE DE ESCALA HEDÔNICA

NOME: \_\_\_\_\_

IDADE: \_\_\_\_\_ DATA: \_\_\_\_\_

#### Instruções:

Você irá receber X amostras de pães. Prove da esquerda para a direita as amostras conforme posicionamento. Represente o quanto gostou ou desgostou em cada característica de acordo com a seguinte escala:

- 1- Desgostei muitíssimo
- 2 - Desgostei muito
- 3 - Desgostei regularmente
- 4 - Desgostei ligeiramente
- 5- Indiferente
- 6- Gostei ligeiramente
- 7- Gostei regularmente
- 8- Gostei muito
- 9- Gostei muitíssimo

Serão analisados os seguintes atributos:

- Aparência do miolo: primeira impressão causada ao olhar a amostra
- Cor do miolo: intensidade da cor do miolo
- Cor da crosta: intensidade da cor da crosta
- Aroma: aroma característico de pão branco
- Sabor: sabor característico de pão branco
- Mastigabilidade: tempo requerido para mastigar uma amostra para reduzi-la a consistência adequada para a deglutição
- Adesividade: força requerida para remover o material que adere a boca durante o processo normal de comer
- Porosidade: distribuição dos poros
- Aceitação global: grau de gostar ou desgostar da amostra como um todo

#### AMOSTRAS

AMOSTRAS /	235	476	583	629
Aparência do Miolo				
Cor do Miolo				
Cor da Crosta				
Aroma				
Sabor				
Mastigabilidade				
Adesividade				
Porosidade				
Aceitação global				

Observações:

1) Você consome pão?

2) Qual das amostras você mais gostou?

### **5.3. AVALIAÇÃO DA FUNCIONALIDADE DE PÃES DE FORMA ELABORADOS COM FLOCOS DE QUINOA ATRAVÉS DE ENSAIOS BIOLÓGICOS**

#### **FUNCTIONALITY EVALUATION OF BREAD LOAVES DEVELOPED WITH QUINOA FLAKES, THROUGH BIOLOGICAL ASSAYS.**

**Márcia Flach GEWEHR**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos

e-mail: mfg@sinos.net

**Carlos Henrique PAGNO**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos

e-mail: carlospagno@hotmail.com

**Daiane DANELLI**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos

e-mail: daianedanelli@yahoo.com.br

**Lívia Marchi de MELO**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos

e-mail: liviamarchi@gmail.com

**Simone Hickmann FLÔRES**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos

e-mail: simone.flores@ufrgs.br

**Erna Vogt de JONG**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos

e-mail: vogt@ufrgs.br

## RESUMO

Os incas reconheceram há muito tempo o elevado valor nutricional da quinoa. Este pseudocereal andino poderia agregar valor a produtos alimentícios proporcionando benefícios à saúde. Neste trabalho, flocos de quinoa e pães de forma elaborados pelo método esponja, com zero, 15 e 20% de substituição da farinha de trigo pelo pseudocereal, foram previamente caracterizados através da análise da composição centesimal, do teor de tocoferóis, composição em ácidos graxos. O objetivo deste estudo foi avaliar os pães elaborados com flocos de quinoa, quanto aos possíveis benefícios a saúde, através de experimento biológico com 30 ratos *Wistar* adultos, machos, por 42 dias. Os animais receberam suplementação de pão, com ou sem quinoa, e com colesterol, conforme seu grupo experimental. Foram determinados: ganho de peso (GP), consumo de alimento (CA), peso e gordura do fígado e perfil lipídico do sangue e do fígado. Pelos resultados, verificou-se que o processamento afetou as características nutricionais dos pães, pois a adição de flocos de quinoa elevou o teor de fibras totais e de fibras insolúveis, porém houve redução do conteúdo de fibra solúvel. O aumento de fibras não influenciou no consumo alimentar nem no ganho de peso. Além disso, não houve diferença estatisticamente significativa entre o peso dos fígados dos grupos de ratos. No entanto, em relação a gordura do fígado dos ratos o grupo que consumiu pão sem quinoa com colesterol apresentou maior teor de lipídios. A adição de quinoa incrementou o teor de todos os tipos de tocoferóis, principalmente no grupo de animais que consumiu o pão 20% de quinoa, melhorando o perfil lipídico, tanto do sangue quanto do fígado, principalmente devido a redução do LDLoxidado.

**Palavras Chaves:** flocos de quinoa, composição, pão, perfil lipídico, tocoferóis, ensaio biológico.

## SUMMARY

Long time ago, the Incas acknowledged the high nutritional value of quinoa. This pseudocereal from the Andes could add value to food products providing benefits to the health. In this work, quinoa flakes and bread loaves developed through the sponge method with zero, 15 and 20% substitution of flour by the pseudocereal were previously characterized through the centesimal composition analysis, tocopherols

levels, composition in fat acids. The purpose of this study was to evaluate the bread loaves containing quinoa flakes as to the possible benefits to the health through a biological experiment with 30 adult male rats, of *Wistar* breed, during 42 days. The animals received bread supplement, with and without quinoa, and cholesterol, according to its experimental group. The aspects determined were: weight gain (GP), food consumption (CA), liver weight and fat, and lipid profile in the blood and in the liver. The results indicated that the processing influenced in the nutritional characteristics of the loaves, once with the addition of quinoa flakes, the level of total and insoluble fibers was increased, but there was a reduction in the content of soluble fiber. The fiber increase did not influence food consumption neither weight gain. Besides, there was no significant statistical difference between liver weights of the groups of rats. However, regarding liver fat of the rats, the group which ate bread without quinoa and with cholesterol presented a higher level of lipids. The addition of quinoa improved the level of all types of tocopherols, mainly in the group of animals which ate the bread containing 20% of quinoa added, improving the lipid profile in the blood as well as in the liver, especially due to the reduction of oxidized LDL.

**Keywords:** quinoa flakes, composition, bread, lipid profile, tocopherols, biological assay.

## 1. INTRODUÇÃO

Os grãos integrais têm sido o foco de investigação científica e pesquisa comercial durante os últimos anos devido aos resultados de estudos epidemiológicos, do efeito protetor dos cereais contra o risco de muitas doenças crônicas. Essas evidências sugerem que os cereais e produtos a base de cereais contêm níveis notáveis de compostos bioativos relacionados com benefícios a saúde (TIWARI e CUMMINS, 2009).

A quinoa, um pseudocereal andino, apresenta-se como boa fonte de minerais, vitaminas e antioxidantes naturais, como a vitamina E, possui boa qualidade e quantidade de proteína (BHARGAVA et al., 2006), fibras, como também lipídios, estes ricos em ácidos graxos insaturados (ALVAREZ-JUBETE et al., 2010).

Os pães além do seu aspecto apetitoso apresentam importante valor nutricional, uma vez que podem ser fonte de carboidratos, proteínas, vitaminas e sais minerais (NUNES, 2008; POINOT et al., 2010). É um dos alimentos mais

consumido na dieta humana, estando presente na mesa de diferentes povos e classes sociais (NUNES, 2008).

Melhorar o perfil nutricional de pães brancos mostra-se como uma idéia muito interessante. Geralmente, suplementa-se a farinha de trigo com outras de origem diferentes que possam contribuir para o reforço de minerais, vitaminas, proteínas e fibras alimentares (SKRBIC et al., 2009).

Assim, torna-se viável desenvolver pães, adicionados de quinoa, com a finalidade de torná-los alimentos mais saudáveis, em função das características nutricionais do pseudocereal.

O objetivo desta pesquisa foi avaliar a funcionalidade de pães elaborados com flocos de quinoa através de ensaios biológicos, pois, segundo Brasil (1999), a alegação de propriedade funcional deve estar baseada em evidências científicas.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Preparação das Amostras de Pães**

Foram utilizados nas formulações das amostras de pães: farinha de trigo branca (marca Lunar Alimentos, Moinho Sete Irmãos Ltda), fermento biológico fresco (marca Fleischmann, AB Brasil Ind. E Com. De Alimentos LTDA – Pedreiras - SP), glúten de trigo (marca Windmill Brand, China - Importado por Granolab do Brasil S/A, Curitiba – PR), sal (Norsal, Norte Saleira S/A Indústria e Comércio - U.B.S. Usina de Beneficiamento de Sal, Areia Branca - RN), gordura de palma (Agropalma, Cia. Refinadora da Amazônia, Belém - PA.), açúcar cristal (Alto Alegre, Usina Alto Alegre S/A, Colorado - PR), farinha de soja (Soymax, Perdição S.A., Videira - SC), flocos de quinoa (Obst Trade Comércio Exterior Ltda, Porto Alegre, RS) e um “blend” contendo conservantes, acidulantes, oxidantes e emulsificantes (elaborado e cedido pela empresa Seven Boys – Porto Alegre - RS).

Os pães foram produzidos na empresa Seven Boys, de Porto Alegre, RS, com os equipamentos APV Baker, da cidade de Peterborough, Inglaterra: Estufa descanso Mod. 1530, estufa APV (410/B950072/1), forno APV (457/B950072/1), modeladora de granulação cruzada (530/1BPF950072), misturador TBX Mod. 13, elevador de rosca (1101-03002), sistema de transporte APV (393/1/2/3/4/5BF950072), divisora APV (5000 – 271/BPF930094), modeladora

cilíndrica (282/1BF930094), resfriador espiral (BPF950072), fatiadora UBE (90-75), ensacadeira AMF (500 – 50D).

A elaboração básica para os pães de forma, usados no experimento biológico foi: 100% de farinha de trigo (substituída por zero, 15 e 20% de flocos de quinoa, correspondendo ao pão Padrão, P15% e P20%); 2,38% de glúten de trigo; 1,96% de sal; 51,19% de água; 2,80% de fermento, 0,19% de gordura de palma; 0,39% de farinha de soja; 1,63% de “blend” (contendo conservantes, acidulantes, oxidantes e emulsificantes – cedidos pela empresa Seven Boys) e 5,32% de açúcar cristal.

Os pães de forma foram produzidos pelo método esponja. Esta continha em torno da metade do total de farinha de trigo, um terço do sal, toda a gordura, metade da água, um quarto do “blend”, 55% do glúten e 93% do fermento. Estes ingredientes foram homogeneizados em misturador, sendo a temperatura final da massa 23°C. A massa-esponja foi fermentada na estufa descanso por 2 horas em temperatura e umidade ambiente. O restante dos ingredientes com a esponja fermentada foram homogeneizados por 5 minutos, até a temperatura final na massa de 25°C. As massas foram divididas em 575g, boleadas, colocadas na esteira de transporte, modeladas, colocadas em formas retangulares e fermentadas em estufa por 108 minutos a 42°C e 87% de umidade relativa. Em seguida, foram forneadas a 210°C por 21 minutos. Após esta etapa, os pães foram resfriados por 70 minutos, fatiados e empacotados.

## **2.2. Valor Nutricional dos Pães e Flocos de Quinoa**

### **a) Composição Centesimal**

Todas as análises foram feitas em triplicata no Laboratório de Bromatologia do ICTA/UFRGS, e os valores fornecidos como médias. A concentração de proteína foi determinada pelo método semi micro-Kjeldahl (AOAC, 1995; NORMAS, 1985) e o fator de conversão do nitrogênio para proteína foi de 6,25 (KOZIOL, 1992). As quantidades de lipídios, fibra (total, solúvel e insolúvel), cinzas e umidade foram mensuradas de acordo AOAC (1995) e Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (1985). O total de carboidrato foi determinado por diferença (BRASIL, 2003).

## b) Composição em Ácidos Graxos

O perfil lipídico foi determinado no CEPPA, da Universidade Federal do Paraná, de acordo com o método Horwitz (2000), Firestone (1998), Hartman e Lago (1973) e Holland et al. (1991).

## d) Concentração de Tocoferóis

A quantificação de tocoferóis ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ , e  $\delta$ -tocoferóis) foi realizada no Centro de Qualidade Analítica (CQA, São Paulo, Brasil), de acordo com método AOAC (2005) que consiste na saponificação das vitaminas lipossolúveis e análise por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC).

Realizou-se a análise de tocoferóis nos flocos de quinoa e nos pães sem adição de flocos de quinoa e com adição de 20% do pseudocereal.

## 2.3. Avaliação Biológica

### a) Animais e Delineamento Experimental

O ensaio biológico foi realizado no Laboratório de Ensaio Biológicos do Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos (ICTA) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, na reunião número 46, ata número 126, de 19/03/2009, por estar adequado ética e metodologicamente e de acordo com a Resolução 196/96 e complementares do Conselho Nacional de Saúde.

O número de animais experimentais necessários foi determinado para cada grupo de forma que 20% de diferença entre um tratamento e o padrão foram encontrados e considerados significativos com 95% de confiança. Assim, cada grupo foi formado por seis animais segundo a fórmula de Berndtson (1991) (Equação 1).

$$R \geq 2(t_0 + t_1)^2 s^2/d^2$$

**Equação 1:** Fórmula de Berndtson (1991).



Onde: R= número de repetições necessárias por grupo em cada tratamento;  
 $t_0$ = valor de t de Student associado ao erro tipo I;  
 $t_1$ = valor de t de Student associado ao erro tipo II;  
s= quadrado médio residual;  
d= diferença entre os tratamentos que se deseja ser capaz de detectar.

Foram utilizados 30 ratos albinos SPF (Livre de Patógenos Específicos), adultos, da linhagem Wistar, com peso ao redor de 200 gramas, provenientes do Biotério da UFRGS. Os animais foram divididos aleatoriamente em 5 grupos de seis ratos cada, colocados em gaiolas individuais, todos com livre acesso à água e à respectiva dieta, em temperatura ambiente de  $22 \pm 2^\circ\text{C}$  e com controle cíclico de 12 horas luz/escuridão, por 42 dias.

Diariamente, os animais do estudo receberam, na forma de suplementação da ração peletizada NUVITAL, 0,25g de pão de forma, com ou sem quinoa, quantidade que correspondente a 100g de pães por dia (4 fatias) para um adulto de 80kg e, com exceção do grupo Padrão, 0,4% de colesterol (Vetec, São Paulo).

Os grupos ficaram assim distribuídos:

- **Grupo 1 (R+P):** ração peletizada e pão sem quinoa.
- **Grupo 2 (R+C+P):** ração peletizada com adição de colesterol e pão sem quinoa.
- **Grupo 3 (R+C+P15%):** ração peletizada com adição de colesterol e pão com 15% de quinoa sobre a farinha de trigo.
- **Grupo 4 (R+C+P20%):** ração peletizada com adição de colesterol e pão com 20% de quinoa sobre a farinha de trigo.
- **Grupo 5 (R+C):** ração peletizada com adição de colesterol.

## **b) Controle do Peso Corporal, do Consumo de Dieta e Cálculo do Coeficiente de Eficiência Alimentar (CEA)**

Após o período de adaptação e divisão dos animais em grupos, foi medido, a cada dois dias, o consumo de ração e o peso corporal. A quantidade de dieta ingerida foi determinada pela diferença do peso entre a oferta, as sobras e as perdas.

O controle de peso dos animais e o consumo da dieta permitiram o cálculo do Coeficiente de Eficiência Alimentar (CEA) mostrando a relação entre ganho de peso e consumo da dieta (PELLET e YOUNG, 1980).

Todos os índices foram calculados para cada animal, permitindo o cálculo do valor da média e do desvio padrão para cada grupo experimental.

### **c) Ração e Pães**

A ração utilizada no experimento foi a Nuvilab CR1 (marca NUVITAL, Curitiba).

Amostras dos pães foram trituradas para homogeneizar a crosta e o miolo e oferecidas (0,25g) juntamente com 10g de ração, também triturada e, de acordo com o grupo, adicionou-se o colesterol em pó. Após os animais consumirem esta mistura, devolvia-se a ração peletizada.

### **d) Coleta e Análise do Sangue**

A coleta do sangue ocorreu uma hora após o consumo dos pães e colesterol, tempo considerado necessário, segundo Keen (2001), para ocorrer o pico de catequina e epicatequina no sangue, depois do consumo do alimento com antioxidante.

Para coleta do sangue foi utilizado o método descrito por Rodrigues et al. (2003). Os animais foram sedados com benzodiazepina (0,25 mg/100g de peso corporal) e anestesiados com pentabarbital sódico (4,6mg/100g de peso corporal). Fez-se uma incisão na linha Alba, o sangue coletado na aorta ascendente, o fígado foi retirado, pesado e congelado para análises posteriores.

Para a quantificação de colesterol total, colesterol HDL e tricigliceróis foram utilizados “kits” do Laboratório Labtest e para colesterol LDL oxidado “kit” do Laboratório Sigma-Aldrich. A determinação do colesterol LDL será calculada através da equação de Friedewald et al.(1972).

### **e) Avaliação do Fígado**

O fígado foi retirado, pesado e sua gordura extraída pelo método Bligh e Dyer, (1959), para a determinação do perfil lipídico. O peso do fígado foi relacionado com o peso do rato.

## f) Análise Estatística

O delineamento experimental foi o completamente casualizado em esquema fatorial dois por dois descrito por Bender et al. (1982). Os resultados foram expressos na forma média e desvio padrão para cada grupo experimental.

Os dados foram submetidos à análise de variância para detecção de diferença significativa entre os grupos e aplicado o Teste Tukey, quando houve diferença entre as médias. As diferenças significativas foram consideradas estatisticamente significativas para o valor de  $p \leq 0,05$ .

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1. Caracterização química dos flocos de quinoa e dos pães

A Tabela 1 apresenta a composição dos flocos de quinoa e dos pães desenvolvidos para o experimento.

**Tabela 1** – Composição dos flocos de quinoa e dos pães elaborados sem e com o pseudocereal.

Composição Química (g/100g)	Flocos de Quinoa	Padrão (P)	P15%	P20%
Umidade	11,93	36,55	34,58	35,37
Carboidratos	60,95	50,08	49,30	47,36
Proteína	11,73	8,46	10,29	11,25
Lipídios	4,88	0,83	1,21	1,12
Fibra Alimentar Total	8,65	2,15	2,56	2,74
Fibra Alimentar Solúvel	4,80	1,09	0,75	1,00
Fibra Alimentar Insolúvel	3,85	1,06	1,81	1,74
Cinzas	1,86	1,93	2,06	2,16

Observou-se aumento progressivo no teor protéico dos pães conforme a quantidade de quinoa adicionada em cada tratamento, devido a quantidade elevada de proteína contida nos flocos do pseudocereal.

A quinoa destaca-se como uma importante fonte de proteínas devido a sua

digestibilidade e composição equilibrada dos aminoácidos essenciais. Em experimentos com ratos verificou-se, através de análise do coeficiente de eficácia protéica (PER), digestibilidade verdadeira e balanço de nitrogênio, semelhança entre a eficiência da proteína da quinoa e a do leite (RANHOTRA et al., 1993), sendo este resultado também apresentado em estudo com humanos, utilizando tanto semente como farinha do pseudocereal (KOZIOL, 1992).

O processamento da quinoa influencia diretamente o PER, pois segundo Koziol (1992), diversos pesquisadores verificaram que, independente do tipo de processamento (lavagem, cozimento, extrusão), a temperatura utilizada influenciava o aumento do PER. Além disso, menciona que o PER (como percentual da caseína) da farinha de trigo foi de 32 enquanto o da mistura, 80% de farinha de trigo com 20% de farinha de quinoa, foi de 55. Uma das etapas de elaboração dos pães é o forneamento, cuja temperatura do miolo é inferior a 100°C, mas a crosta pode chegar de 120°C a 140°C (QUAGLIA, 1991). Dessa forma, a utilização dos flocos de quinoa na elaboração dos pães pode melhorar a resposta do PER.

Os flocos de quinoa contêm 26,43% de ácidos graxos saturados, predominante o palmítico, e 66,6% de ácidos graxos insaturados representados por 46,72% de monoinsaturados e 19,88% de poliinsaturados (Tabela 2). Os ácidos graxos linoléico, oléico e  $\alpha$ -linolênico representam 16,8%, 42,63% e 0,61% em ácidos graxos totais respectivamente.

**Tabela 2** – Composição dos flocos de quinoa e dos pães desenvolvidos sem e com o pseudocereal.

	<i>Flocos de Quinoa</i>	<i>Padrão (P)</i>	<i>P15%</i>	<i>P20%</i>
<b>Lipídios Totais</b>	4,88	0,83	1,21	1,12
<b>(g/100g - base úmida)</b>				
<b>Composição dos ácidos graxos (g/100g – base úmida)</b>				
<b>Saturados</b>	1,29	0,40	0,57	0,53
Palmítico	0,85	0,32	0,37	0,37
Esteárico	0,10	0,07	0,16	0,13
<b>Monoinsaturados</b>	2,28	0,26	0,36	0,34
Oléico	2,08	0,26	0,34	0,33
<b>Poliinsaturados</b>	0,97	0,13	0,14	0,14
Linolênico	0,03	-	0,01	0,01
Linoléico	0,82	0,13	0,13	0,12

Verificou-se maior quantidade de ácidos graxos insaturados do que saturados nos flocos de quinoa. Essa relação torna-se interessante, pois os ácidos graxos saturados elevam a colesterolemia enquanto os ácidos graxos insaturados exercem efeitos protetores, podendo reduzir os níveis sanguíneos de LDL e triglicérides (SANTOS e AQUINO, 2008).

A adição dos flocos de quinoa nos pães influenciou o aumento dos ácidos graxos oléico, palmítico e esteárico. Proporcionou traços de ácido linolênico e manteve a proporção do ácido linoléico, possivelmente a farinha de trigo utilizada continha quantidades similares aos flocos de quinoa.

Embora haja elevada concentração de ácidos graxos insaturados, os flocos de quinoa são estáveis devido a sua elevada quantidade de tocoferóis, principalmente  $\alpha$  e  $\gamma$ -tocoferol (BHARGAVA et al., 2006; REPO-CARRASCO et al., 2003).

A Tabela 3 apresenta a quantidade de tocoferóis nos flocos de quinoa e nos pães desenvolvidos.

**Tabela 3** – Quantidade e tipos de tocoferóis encontrados nas análises feitas nos flocos de quinoa e nos pães padrão e 20%.

<i>Tocoferóis (mg/100g)</i>	<i>Flocos de Quinoa</i>	<i>Padrão</i>	<i>P20%</i>
$\alpha$ (Alfa)	2,14	7,64	9,50
$\beta$ (Beta)	0,43	<0,08	<0,08
$\gamma$ (Gama)	2,95	17,47	23,20
$\delta$ (Delta)	0,56	9,32	14,79

No pão padrão foi encontrado tocoferóis porque, segundo Tiwari e Cummins (2009), estes estão presentes em cereais como o trigo, aveia, arroz, cevada e centeio.

Para os mesmos autores, a perda de tocoferóis na panificação pode ser atribuída à incorporação de ar na massa na etapa de mistura/amassamento como também pelo calor no cozimento. Observou-se que o teor de tocoferóis nos flocos de quinoa foi representativo, uma vez que o pão 20% apresentou maiores quantidades de  $\alpha$ ,  $\gamma$  e  $\delta$ -tocoferóis do que o pão padrão.

Os produtos processados com calor possuem maior estabilidade no armazenamento, provavelmente devido à inativação da enzima lipoxigenase responsável pela oxidação dos tocoferóis. Dessa forma, os pães continuam elevadas

quantidades de  $\delta$ ,  $\gamma$ -tocoferóis (maior poder antioxidante) e a quantidade almejada de  $\alpha$ -tocoferol, uma vez que a encontrada no P20% representa 79% do requerimento de vitamina E por dia (12mg). Este tipo de tocoferol reduz o risco do câncer de mama, cabeça, doenças coronarianas e cardiovasculares enquanto o  $\gamma$  inibe a proliferação de células cancerígenas e reduz doenças cardíacas (TIWARI e CUMMINS, 2009).

Dietas ricas em fibras estão associadas à prevenção da obesidade (DINI et al., 2005). Devido tanto ao elevado teor de fibras quanto ao equilíbrio entre as fibras solúveis (4,80%) e insolúveis (3,85%) nos flocos de quinoa, elas podem contribuir, principalmente as solúveis, para redução dos níveis plasmáticos de colesterol e diluição dos carcinogênicos potenciais bem como manter o menor tempo de contato desses compostos com as paredes intestinais (PIMENTEL et al., 2005).

No entanto, apesar dos flocos de quinoa terem incrementado o teor de fibras dos pães (Tabela 1), as fibras solúveis diminuíram em relação ao pão padrão. Vale ressaltar que os pães 20% e 15% apresentaram, nessa ordem, mais fibras solúveis. Isso pode ter ocorrido devido a uma possível hidrólise das fibras solúveis pelas enzimas produzidas pelo fermento ou também por parcial destruição dessas enzimas durante o cozimento (BRASIL, 2006).

Pelo experimento realizado, verificou-se que a diversidade juntamente com a quantidade da composição de nutrientes presentes nos flocos de quinoa poderia agregar valor aos pães. Não se deve esquecer, no entanto, que o processamento influencia diretamente a composição final do produto.

### **3.2. Avaliação Biológica**

Alguns gêneros alimentícios podem reduzir a fome e conseqüentemente o consumo de alimento devido à influência de alguns nutrientes sobre a saciedade. Estudos de Berti et al. (2005) reportam uma relação entre o alto teor de proteína e/ou fibras, com maior saciedade.

De acordo com os resultados observados na Tabela 4, não houve diferença estatisticamente significativa para consumo alimentar, coeficiente de eficiência alimentar (CEA) e ganho de peso, entre os cinco grupos, pois os pães experimentais apresentaram baixo teor de fibras, segundo Brasil (1998), menos de 3g de fibra por 100g de produto (Tabela 1). Em relação à proteína, Takao et al. (2005) observaram que o isolado protéico proveniente da semente de quinoa também não influenciou o

ganho de peso nem o consumo alimentar. Além disso, Berti et al. (2005) verificaram, em voluntários masculinos, que pães não são produtos saciantes assim como a quinoa, a qual foi preparada como risoto.

**Tabela 4** – Médias e desvio padrão do ganho de peso (GP), do consumo alimentar (CA) e do coeficiente de eficiência alimentar (CEA) de ratos adultos sem e com suplementação de pão e colesterol e suas dietas, durante o período de 42 dias.

<b>GRUPOS</b>	<b>GP (g)</b>	<b>CA (g)</b>	<b>CEA</b>
R+P	167,51 ± 20,63 <sup>a</sup>	952,01 ± 104,05 <sup>a</sup>	0,18 ± 0,01 <sup>a</sup>
R+C+P	171,59 ± 23,32 <sup>a</sup>	999,45 ± 125,04 <sup>a</sup>	0,17 ± 0,01 <sup>a</sup>
R+C+P15%	165,55 ± 18,38 <sup>a</sup>	945,45 ± 94,97 <sup>a</sup>	0,18 ± 0,01 <sup>a</sup>
R+C+P20%	156,36 ± 23,40 <sup>a</sup>	958,54 ± 92,69 <sup>a</sup>	0,16 ± 0,02 <sup>a</sup>
R+C	159,77 ± 24,95 <sup>a</sup>	932,72 ± 89,24 <sup>a</sup>	0,17 ± 0,01 <sup>a</sup>

Valores na mesma coluna com letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa entre as médias ( $p \leq 0,05$ ).

Nenhum dos grupos analisados apresentou diferença estatisticamente significativa na atividade da Transaminase Oxalacética (TGO), conforme mostra a Tabela 5. O peso do fígado, em comparação ao peso corporal, seguiu o mesmo padrão. No entanto, a quantidade de gordura neste órgão, do grupo que ingeriu colesterol e pão padrão (R+C+P), foi estatisticamente maior do que em todos os outros grupos, que não diferiram entre si. Pôde-se observar que quando se utilizou a combinação de pão padrão com colesterol aumentou a síntese de gordura e sua deposição no fígado.

**Tabela 5** – Médias e desvio padrão dos resultados da análise de Transaminase Oxalacética (TGO) e peso e gordura do fígado de ratos adultos, sem e com suplementação de pão e colesterol e suas dietas, durante o período de 42 dias

<b>GRUPOS</b>	<b>TGO (unidade/mL)</b>	<b>Peso do Fígado (%)</b>	<b>Gordura no Fígado (%)</b>
R+P	95,69 ± 11,15 <sup>a</sup>	3,35 ± 0,23 <sup>a</sup>	4,08 ± 0,84 <sup>a</sup>
R+C+P	115,97 ± 5,54 <sup>a</sup>	3,25 ± 0,45 <sup>a</sup>	5,22 ± 0,51 <sup>b</sup>
R+C+P15%	114,17 ± 12,97 <sup>a</sup>	3,22 ± 0,19 <sup>a</sup>	3,44 ± 0,63 <sup>a</sup>
R+C+P20%	109,58 ± 11,56 <sup>a</sup>	3,12 ± 0,25 <sup>a</sup>	3,73 ± 0,35 <sup>a</sup>
R+C	105,28 ± 12,02 <sup>a</sup>	3,40 ± 0,43 <sup>a</sup>	4,10 ± 0,37 <sup>a</sup>

Valores na mesma coluna com letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa entre as médias ( $p \leq 0,05$ ).

Os resultados, de maneira geral, demonstraram certa equivalência entre o grupo R+P e R+C uma vez que em todos os parâmetros analisados do sangue não houve diferença estatisticamente significativa entre eles (Tabela 6). O grupo R+C+P apresentou maior quantidade de LDL oxidado, triglicerídeos, LDL e colesterol total e o HDL mais baixo entre todos os tratamentos, sugerindo interação entre pão sem adição de quinoa e colesterol.

**Tabela 6** – Médias e desvio padrão dos resultados da análise realizadas no sangue de ratos adultos, sem e com suplementação de pão e colesterol e suas dietas, durante o período de 42 dias.

<b>GRUPOS</b>	<b>LDL oxidado (mg/dL)</b>	<b>Triglicerídeos (mg/dL)</b>	<b>LDL (mg/dL)</b>	<b>HDL (mg/dL)</b>	<b>Colesterol Total (mg/dL)</b>
R+P	85,11±8,69 <sup>ab</sup>	67,66±5,76 <sup>c</sup>	36,83±5,12 <sup>a</sup>	35,40±3,11 <sup>ac</sup>	85,76±8,76 <sup>ac</sup>
R+C+P	89,69±6,90 <sup>a</sup>	90,75±4,93 <sup>a</sup>	37,88±4,03 <sup>a</sup>	34,72±2,41 <sup>bc</sup>	90,24±6,91 <sup>a</sup>
R+C+P15%	71,68±4,99 <sup>b</sup>	36,91±6,71 <sup>b</sup>	24,90±3,03 <sup>bc</sup>	39,96±3,29 <sup>ac</sup>	72,24±5,06 <sup>bc</sup>
R+C+P20%	71,69±3,46 <sup>b</sup>	36,06±6,72 <sup>b</sup>	18,59±5,92 <sup>b</sup>	42,48±1,75 <sup>a</sup>	68,38±8,66 <sup>b</sup>
R+C	83,76±8,84 <sup>ab</sup>	69,68±10,67 <sup>c</sup>	30,72±4,03 <sup>ac</sup>	39,65±3,54 <sup>ac</sup>	84,31±8,86 <sup>ab</sup>

Valores na mesma coluna com letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa entre as médias ( $p \leq 0,05$ ).

As doenças cardiovasculares representam as patologias mais intimamente relacionadas com a dieta. Na doença arterial coronariana ocorre a formação das placas ateromatosas, por meio da deposição dos ésteres de colesterol e englobamento da LDL colesterol oxidada pelos macrófagos (MANCINI-FILHO, 2006).

LDLs são susceptíveis a oxidação, quando a nível do plasma sanguíneo há deficiência de antioxidantes, tanto endógenos quanto exógenos. Neste processo de oxidação participam substratos como os ácidos graxos poliinsaturados, presentes nos triacilglicerídeos, que formam parte do núcleo central do LDL, também intervém o colesterol presente tanto na parte central como na periferia do LDL. Assim, os LDLoxidados se acumulam nas paredes dos vasos sanguíneos, constituindo um dos componentes mais importantes do ateroma (VALENZUELA et al., 1998).

Segundo os mesmos autores a prevenção da oxidação dos lipídios pode ocorrer através dos tocoferóis, pois estudos demonstraram a eficácia do  $\alpha$ -tocoferol como inibidor da formação de óxidos lipídicos em produtos com ácidos poliinsaturados, armazenados por determinado tempo, ao contrário do antioxidante butil hidroxianisol (BHA).



A presença do grupo fenólico em tocoferóis é fundamental para a atividade antioxidante, devido à capacidade de doar uma hidroxila fenólica do anel cromanol aos radicais livres, a fim de estabilizar e interromper a fase de propagação da reação em cadeia oxidativa (TIWARI e CUMMINS, 2009).

O pão do grupo R+C+P20% deve ter maior poder antioxidante em relação ao pão padrão, pois continha maior quantidade de tocoferol (Tabela 3). Este resultado corrobora com o encontrado na análise de LDLoxidado no sangue (Tabela 6).

Diferença estatística foi encontrada na análise de LDLoxidado em relação ao grupo R+C+P (maior quantidade) com os grupos R+C+P15% e R+C+P20%, que apresentaram-se semelhantes estatisticamente entre si. Provavelmente houve proteção devido aos tocoferóis dos flocos de quinoa, pois as menores médias de LDLoxidado foi dos grupos que consumiram o pseudocereal no pão.

Os ácidos graxos interferem diretamente no perfil lipídico, os saturados atuam de forma diferenciada dependendo do tipo. O ácido palmítico eleva o colesterol sérico e os níveis do LDL colesterol enquanto o ácido esteárico não eleva nem o colesterol e nem o LDL (MORETTO e FETT, 1998; OLIVARES e ZACARÍAS, 1997). No presente estudo, verificou-se que a adição dos flocos de quinoa aumentou, em aproximadamente, 15% do ácido palmítico e 129% do ácido esteárico quando foram relacionados com a quantidade presente no pão padrão.

Diferença estatística foi encontrada na análise de colesterol total e LDL em relação ao grupo R+C+P (maior quantidade) com os grupos R+C+P15% e R+C+P20%, que se apresentaram semelhantes entre si (Tabela 6).

Quanto maior o nível de LDLoxidado mais ácidos graxos participaram da reação de oxidação dos lipídios. Os produtos dessa oxidação podem produzir danos ao epitélio, por exemplo, os hidroperóxidos provenientes da oxidação do ácido linoléico inibem a síntese da prostanglandina  $I_2$ . O colesterol, na forma oxidada, é captado pelos macrófagos, todavia, na sua forma pura (não oxidado) esse fato não ocorre, sendo o LDL colesterol oxidado mais agregador de monócitos (MANCINI-FILHO, 2006).

Apesar dos pães possuírem praticamente a mesma quantidade de ácido linoléico, a disponibilidade deste possivelmente foi maior nos pães 20% seguido pelo 15% e padrão. Com isso, os níveis de colesterol total e LDL foram menores nos pães 20% e 15% uma vez que, segundo Olivares e Zacarías (1997), o ácido linoléico reduz moderadamente os níveis de colesterol sérico e LDL.

Observando a quantidade de tocoferóis e a oxidação lipídica, verificou-se que

o grupo R+C+P20% apresentou estatisticamente maior nível de HDL em relação ao R+C+P, mas não diferiu do grupo R+C+P15%. Possivelmente isso ocorreu, porque o ácido oléico tem efeito neutro sobre o LDL, mas eleva levemente os níveis de HDL (OLIVARES e ZACARÍAS, 1997). Houve um incremento de aproximadamente 31% desse ácido graxo oléico nos pães com quinoa em relação ao pão padrão (Tabela 2).

Verificou-se, no nível de triglicerídeos, sinergismo entre o consumo de pão padrão e colesterol pelos ratos, pois os grupos R+C e R+P não diferiram estatisticamente entre si, porém quando comparados com o grupo R+C+P mostraram diferença estatística. Os grupos R+C+P15% e R+C+P20%, apresentaram níveis estatisticamente menores em relação aos demais. Provavelmente a adição do pseudocereal protegeu da síntese de triglicerídeos e também do próprio colesterol da dieta. Isto pode ter ocorrido devido a presença dos tocoferóis, que auxiliaram, de certa forma, para a obtenção do perfil lipídico descrito, juntamente com a pequena quantidade de ácido linolênico nos grupos R+C+P20% e R+C+P15%. Segundo Mancini-Filho (2006), estes fatores inibem a síntese de triglicerídeos e a secreção da VLDLs (lipoproteínas de muita baixa densidade), favorecendo a secreção hepática de VLDLs de menor tamanho evoluindo para LDLs pequenas, que não são consideradas aterogênicas.

Os resultados do perfil lipídico do sangue foram semelhantes aos das análises de triglicerídeos e de colesterol total realizadas na gordura do fígado (Tabela 7). Tanto para triglicerídeos quanto para colesterol total, observou-se sinergismo entre o pão e o colesterol quando ambos foram oferecidos juntos na dieta, pois tanto para os triglicerídeos quanto para colesterol, houve diferença estatisticamente significativa do R+C+P para os demais tratamentos.

**Tabela 7** – Médias e desvio padrão dos resultados da análise realizada na gordura do fígado de ratos adultos, sem e com suplementação de pão e de colesterol e suas dietas, durante o período de 42 dias.

<b>GRUPOS</b>	<b>Triglicerídeos (mg/dL)</b>	<b>Colesterol Total (mg/dL)</b>
R+P	35,04 ± 7,91 <sup>b</sup>	20,71 ± 1,35 <sup>c</sup>
R+C+P	77,53 ± 3,70 <sup>a</sup>	32,06 ± 1,59 <sup>a</sup>
R+C+P15%	42,94 ± 6,24 <sup>b</sup>	21,10 ± 2,25 <sup>c</sup>
R+C+P20%	45,07 ± 4,96 <sup>b</sup>	20,08 ± 2,19 <sup>c</sup>
R+C	47,84 ± 11,06 <sup>b</sup>	26,98 ± 3,62 <sup>b</sup>

Valores na mesma coluna com letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa entre as médias ( $p \leq 0,05$ ).

Observou-se, pelo perfil lipídico, possível proteção dos tratamentos com pães adicionados de quinoa em relação ao padrão. A diferença mais acentuada ocorreu para o tratamento onde foi oferecido pão com 20% de substituição de farinha de trigo por flocos de quinoa, para LDL (25% menor) e HDL (6% maior) em relação ao grupo R+C+P15%, embora sem diferença estatisticamente significativa (Tabela 6). De acordo com Gorinstein et al. (2007), devido ao alto teor e a qualidade da proteína dos flocos de quinoa, esta pode auxiliar na atividade antioxidante global tendo antioxidantes eficazes na inibição da peroxidação lipídica e agindo como quelantes de radicais livres. O pão 20% apresentou maior teor de proteína (Tabela 1) em relação ao 15% e, conseqüentemente, talvez, maior poder antioxidante.

A fibra presente no pão não influenciou diretamente os resultados, uma vez que o pão padrão mesmo apresentando maiores quantidades de fibras solúveis (Tabela 1) apresentou maior quantidade de LDLoxidado, LDL, colesterol total, medidos no sangue (Tabela 6). Para Williams (1997) as fibras solúveis são fermentadas no cólon em ácidos graxos de cadeia curta, capazes de inibir a síntese do colesterol.

Provavelmente o incremento de tocoferóis, pela substituição de vinte por cento de farinha de trigo por flocos de quinoa, influenciou positivamente o perfil lipídico dos animais experimentais uma vez que houve redução do LDLoxidado, LDL, colesterol total, triglicerídeos e aumento do HDL no sangue e, no fígado, diminuiu-se os triglicerídeos e o colesterol total, em relação ao grupo R+C+P.

#### **4. CONCLUSÕES**

Pelos resultados obtidos pôde-se perceber que os flocos de quinoa apresentaram características nutricionais desejáveis devido a quantidade e variedade de nutrientes existentes neles.

Os pães elaborados tiveram composição diferenciada com a adição de quinoa, mas em virtude do processamento, houve redução de determinados nutrientes, como fibras solúveis e teor de tocoferóis.

O pão, quando houve substituição de vinte por cento da farinha de trigo por quinoa, mostrou incremento no teor de tocoferóis devido ao seu balanceamento entre o  $\alpha$ ,  $\gamma$  e  $\delta$ -tocoferol, melhorando o perfil lipídico do sangue e da gordura do fígado dos animais experimentais, em relação ao padrão.

Os flocos de quinoa, possivelmente, poderão ser adicionados em alimentos para agregar valor ao produto. Porém, novos estudos, envolvendo o processamento e as perdas nutricionais decorrente dele, devem ser feitos.

## REFERÊNCIAS

ALVAREZ-JUBETE, L.; WIJNGAARD, H.; ARENDT, E. K.; GALLAGHER, E. Polyphenol composition and in vitro antioxidant activity of amaranth, quinoa buckwheat and wheat as affected by sprouting and baking. **Food Chemistry**. London, v. 119, n. 2, p. 770 – 778, 2010.

AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS). **Official methods of the Association of Official Analytical Chemists**. 16.ed. Arlington: AOAC, 1995. 2v. (Cap. 4, seção 4.5.0.1)

AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS). **Official methods of the Association of Official Analytical Chemists**. 18<sup>th</sup> ed. Arlington: AOAC, 2005.

BENDER, F. E.; DOIGLAS, L. W.; KRAMER, A. **Statistical Methods for Food and Agriculture**. Westport, Avi Publishing Company. Inc, 1982. p. 91-94.

BERNDTSON, W. E. A simple, rapid and reliable method for selecting or assessing the number of replicates for animal experiments. **Journal of Animal Science**. Champaign, v. 69, n.1, p. 67-76, 1991.

BERTI, C.; RISO, P.; BRUSAMOLINO, A.; PORRINI, M. Effect on appetite control of minor cereal and pseudocereal products. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 94, n. 5, p. 850 – 858, 2005.

BLIGH, E. G., DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**. Ottawa, 37, n. 8, p. 911-917, 1959.

BHARGAVA, A.; SHUKLA, S.; OHRI, D. Chenopodium quinoa: an Indian perspective. **Industrial Crops and Products**, Elsevier, v. 23, n. 1, p. 73 – 87, 2006.

BRASIL, J. A. **Efeito da adição de inulina sobre os parâmetros nutricionais, físicos e sensoriais do pão**. 2006. 65 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição) – Faculdade de Nutrição, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

BRASIL. Portaria nº 27, de 13 de janeiro de 1998. Regulamento Técnico referente à informação nutricional complementar. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Disponível em: < <http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=97&wOrd=>>. Acesso em: 28 dez. 2009.

BRASIL. Resolução nº 18, de 30 de abril de 1999. Dispõe sobre Regulamento Técnico que estabelece as diretrizes básicas para análise e comprovação de propriedades funcionais e ou de saúde alegadas em rotulagem de alimentos.

**Agência Nacional de Vigilância Sanitária.** Disponível em: <<http://e-legis.anvisa.gov.br/lis/leisref/public/showAct.php?id=109>>. Acesso em: 19 ago. 2008.

BRASIL. Resolução RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003. Regulamento técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados, tornando obrigatória a rotulagem nutricional. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária.** Disponível em: <<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=9059&word=>>>. Acesso em: 28 dez. 2009.

DINI, I.; TENORE, G. C.; DINI, A. Nutritional and antinutritional composition of Kancolla seeds: an interesting and underexploited andine food plant. **Food Chemistry**, London, v. 92, n. 1, p. 125 – 132, 2005.

FIRESTONE, D. (Ed.) **Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists Society.** 5. ed., Champaign: AOCS, 1998. 1300p.

FRIEDEWALD, W. T.; LEVY, R. I.; FREDRICKSON, D. S. Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. **Clinical Chemistry**. Washington, v. 18, n. 6, p. 499 -502, 1972.

GORINSTEIN, S.; VARGAS, O. J. M.; JARAMILLO, N. O.; SALAS, I. A.; AYALA, A. L. M.; ARANCIBIA-AVILA, P.; TOLEDO, F.; KATRICH, E.; TRAKHTENBERG, S. The total polyphenols and the antioxidant potentials of some selected cereals and pseudocereals. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 225, n. 3-4, p. 321 – 328, 2007.

HARTMAN, L.; LAGO, R. C. A. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. **Laboratory Practice**, v. 22, n. 8, p. 475 – 476, 1973.

HOLLAND, B.; WELCH, A. A.; UNWIN, I. D.; BUSS, D. H.; PAUL, A. A.; SOUTHGATE, D. A. T. **McCance and Widdowson's the composition of foods**., 5. ed. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 1991, 462p.

HORWITZ, W. (Ed.) **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists.** 17. ed., Gaithersburg, Maryland: AOAC, p. 20-24, v II, 2000.

KEEN, C. L. Chocolate: food as medicine / medicine as food. **Journal of the American College of Nutrition**. Clearwater, v. 20, n. 5, p. 436S - 439S, 2001.

KOZIOL, M. J. Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa willd.*). **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 5, n. 1, p. 35 – 68, 1992.

MANCINI-FILHO, J. Alimentos funcionais nas doenças cardiovasculares. In: COSTA, N. M. B.; ROSA, C. O. B. **Alimentos funcionais.** 1. ed. Viçosa: Folha de Viçosa, 2006. cap. 5, p. 99 – 114.

MORETTO, E.; FETT, R. **Tecnologia de óleos e gorduras vegetais:** na indústria de alimentos. 1. ed. São Paulo: Livraria Varela, 1998. 150 p.

NORMAS ANALÍTICAS DO INSTITUTO ADOLFO LUTZ: **Métodos químicos e**

**físicos para análise de alimentos.** 3. ed. São Paulo v.1, 1985. 533p.

NUNES, J. C. **Modificações enzimáticas em pães brancos e pães ricos em fibras: impactos na qualidade.** 2008. 100 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

OLIVARES, S.; ZACARÍAS, I. Recomendaciones de consumo de lipídios y ácidos grasos. Cómo aplicarlas en la práctica. **Diaeta**, Buenos Aires, v.36, n.39, p.35-43, 1997.

PELLET, P. L. and YOUNG, V. R. **Nutritional Evaluation of Protein Foods.** Tokyo, The United Nations University, 1980. 62 p.

PIMENTEL, C. V. M. B.; FRANCKI, V. M.; GOLLÜCKE, A. P. B. **Alimentos Funcionais:** introdução às principais substâncias bioativas em alimentos. 1. ed., São Paulo: Livraria Varela, 2005. 95 p.

POINOT, P. ; ARVISENET, G. ; GRUA-PRIOL, J. ; FILLONNEAU, C. ; LE-BAIL, A. ; PROST, C. Influence of inulin on bread: Kinetics and physico-chemical indicators of the formation of volatile compounds during baking. **Food Chemistry**. London, v. 119, n. 4, p. 1474 – 1484, 2010.

QUAGLIA, G. **Ciencia y tecnología de la panificación.** 1. ed. Zaragoza: Acribia, 1991. 485 p.

RANHOTRA, G. S.; GELROTH, J. A.; GLASER, B. K.; LORENZ, K. J.; JOHNSON, D. L. Composition and protein nutritional quality of quinoa. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 70, n. 3, p. 303 – 305, 1993.

REPO-CARRASCO, R.; ESPINOZA C.; JACOBSEN, S. E. Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kaniwa (*Chenopodium pallidicaule*). **Food Reviews International**, New York, v. 19, n. 1-2, p. 179 – 189, 2003.

RODRIGUES, H. G.; DINIZ, Y. S.; FAINE, L. A.; ALMEIDA, J. A.; FERNANDES, A. A. H.; NOVELLI, E. L. B. Nutricional supplementation with natural antioxidants: effect of rutin on HDL-cholesterol concentration. **Brazilian Journal of Nutrition**. Campinas, v. 16, n. 3, p. 315 - 320, 2003.

SALINAS, R. D. **Alimentos e Nutrição:** introdução à bromatologia.3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2002. 280 p.

SANTOS, K. M. O.; AQUINO, R. C. Grupos dos óleos e gordura. In: PHILIPPI, S. T. **Pirâmide dos alimentos:** fundamentos básicos da nutrição. 1. ed. Barueri: Manole, 2008. cap. 7, p. 241 – 292.

ŠKRBIĆ, B.; MILOVAC, S.; DODIG, D.; FILIPCEV, B. Effects of hull-less barley flour and flakes on bread nutritional composition and sensory properties. **Food Chemistry**. London, v. 115, n. 3, p. 982 – 988, 2009.

TAKAO, T.; WATANABE, N.; YUHARA, K.; ITOH, S.; SUDA, S.; TSURUOKA, Y.;

NAKATSUGAWA, K.; KONISHI, Y. Hypocholesterolemic effect of protein isolated from quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds. **Food Science and Technology Research**, Tokio, v. 11, n. 2, p. 161 – 167, 2005.

TIWARI, U.; CUMMINS, E. Nutritional importance and effect of processing on tocopherols in cereals. **Trends in Food Science & Technology**, Helsinki, v. 20, n. 11 – 12, p. 511 – 520, 2009.

VALENZUELA, A.; SANHUEZA, J.; NIETO, S. Oxidos Del colesterol (oxisteroles) em alimentos: factores que condicionan su formación y sus efectos biológicos. **Aceites y Grasas**, Buenos Aires, v.9, n.11, p. 271-278, 1998.

WILLIAMS, S. R. **Fundamentos de Nutrição e Dietoterapia**. 6. ed. Porto Alegre: Artemed Editora, 1997. 664 p.

## 6. DISCUSSÃO GERAL

O foco deste trabalho foi desenvolver pães com diferentes concentrações de flocos de quinoa no intuito de verificar tanto as características do produto elaborado quanto as funcionalidades dos mesmos. A alegação de propriedade funcional ou de saúde deve estar baseada em evidências científicas, como ensaios nutricionais, e/ou fisiológicos e/ou toxicológicos em experiências com animais, ensaios bioquímicos, estudos epidemiológicos e ensaios clínicos (BRASIL, 1999).

Foi necessário realizar estudo prévio sobre a composição físico-química dos flocos de quinoa, pois fatores genéticos e climáticos interferem diretamente na composição deste tipo de alimento. Koziol (1992), em seus estudos sobre a composição de quinoa de diversas origens, relatou que variedades produzidas no Equador possuem mais gordura e proteína em relação às Andinas.

De acordo com dados obtidos da literatura sobre a quinoa, os flocos analisados apresentaram quantidades condizentes de proteínas, de fibras e de tocoferóis (LEÓN e ROSELL, 2007; KOZIOL, 1992; REPO-CARRASCO et al., 2003). No entanto, para o teor de minerais, dentre os analisados, apenas a quantidade de fósforo estava de acordo com as pesquisas, pois segundo Karyotis et al. (2003) condições climáticas e do solo influenciam na composição destes nutrientes.

O processamento, para transformar os grãos de quinoa em flocos, foi considerado abrasivo, podendo resultar, segundo estudo de Konishi et al. (2004), em decréscimo do conteúdo de cálcio. O teor de lipídios pode variar de 2 a 10%, conseqüentemente, o perfil lipídico também (KOZIOL, 1992). Nesse estudo, maior quantidade de ácidos graxos insaturados do que saturados foi encontrado nos flocos de quinoa (66,6% de insaturados e 26,43% de saturados). A industrialização e a manufatura dos grãos tornam mais evidentes as diferenças na composição, principalmente, no caso da quinoa, em minerais e em lipídios (SALINAS, 2002).

O pseudocereal analisado destacou-se tanto pelo elevado teor protéico (11,73%) quanto pelo equilíbrio de aminoácidos, condizente com a indicação da FAO (WHO, 2002) para adultos. Apesar da proteína dos flocos de quinoa não ser de elevado valor biológico (Tabela 3 – Artigo 1), possui teores elevados de lisina,



geralmente o aminoácido limitante, histidina, metionina quando comparada com arroz, trigo e aveia (BHARGAVA et al., 2006; KOZIOL, 1992; WRIGHT et al., 2002). Devido a essa caracterização da proteína, alguns estudos têm demonstrado a semelhança entre a eficiência da proteína da quinoa e a do leite (KOZIOL, 1992; RANHOTRA et al., 1993).

O teor elevado de fibras (8,65%) nos flocos juntamente com o equilíbrio entre as fibras solúveis e insolúveis pode contribuir para a redução dos níveis plasmáticos de colesterol, segundo Pimentel et al. (2005). Os tocoferóis encontrados na quinoa possuem atividade antioxidante. Estes são incorporados na parcela lipídica das membranas da célula e protegem esta estrutura dos compostos tóxicos, dos metais pesados, da radiação e dos radicais livres além de proteger também o colesterol de danos oxidativos (VANNUCCHI e JORDÃO, 2001).

Assim, os flocos destacaram-se devido as diferentes formas de vitamina E,  $\alpha$ ,  $\gamma$  e  $\delta$ , que contribuem com benefícios específicos (TIWARI e CUMMINS, 2009; VANNUCCHI e JORDÃO, 2001). O  $\alpha$ -tocoferol reduz o risco do câncer de mama, cabeça, doenças coronarianas e cardiovasculares enquanto o  $\gamma$  inibe a proliferação de células cancerígenas e reduz doenças cardíacas (TIWARI e CUMMINS, 2009).

Através das análises realizadas no presente estudo, verificaram-se quais os possíveis componentes dos flocos de quinoa apresentam potencial para auxiliar tanto na alimentação saudável como na agregação de valor para elaboração de novos produtos. A partir dos resultados obtidos, elaboraram-se pães branco de forma, com zero, 10, 15 e 20% de flocos de quinoa em substituição da farinha de trigo da formulação, visando aumentar o valor nutricional, uma vez que esse tipo de produto é constituído por farinha de trigo, gordura de palma, água, sal e açúcar.

Através das análises das características reológicas dos pães (volume específico, cor do miolo e textura) foi possível verificar que os flocos de quinoa apresentaram características diferentes da farinha de trigo, resultados semelhantes aos obtidos por Bannwart (2001), concluindo-se que a qualidade do pão depende tanto da qualidade dos ingredientes que são utilizados quanto do balanceamento dos mesmos na formulação.

O volume específico foi tanto menor quanto maior a adição dos flocos de quinoa devido a ausência de glúten e teor elevado de fibra desta (GORINSTEIN et al. 2008; LEÓN e ROSSELL, 2007). Por sua vez, o miolo dos pães apresentou tendência a ser mais escuro ( $<L^*$ ), com menores valores de  $a^*$  (tendência a ser menos vermelho) e maiores de  $b^*$  (mais amarelado). Estes dois fatos corroboram

com os resultados encontrados por Lorenz et al. (1995), quando trabalharam com substituição de 10, 20 e 30% de farinha de trigo por farinha de quinoa em pães.

A textura dos produtos foi influenciada diretamente pelo uso de flocos de quinoa ou farinha de trigo devido principalmente às características do amido relacionadas ao fenômeno da retrogradação. Os pães com adição do pseudocereal apresentaram, durante a vida de prateleira, menor maciez em relação ao pão sem os flocos.

Ressalta-se a importância do balanceamento dos ingredientes na formulação, pois o pão sem quinoa ao longo da sua vida de prateleira não diferiu estatisticamente na textura, ao contrário do ocorrido nos pães elaborados com flocos de quinoa que ficaram mais firmes.

As diferenças nas características reológicas dos pães orientam para diferenças na composição nutricional uma vez que a própria composição dos cereais em análise as influenciou. A adição crescente de flocos de quinoa nos pães incrementou o teor de proteína como também de fibras, tocoferóis e lipídios em relação ao pão padrão.

Verificou-se que o processamento influenciou o equilíbrio de aminoácidos e a quantificação das frações de fibras entre os pães. No primeiro caso, a composição de aminoácidos do cereal e do pseudocereal, trigo e quinoa, respectivamente, foram decisivas uma vez que os parâmetros de processo mantiveram-se constantes. A reação de Maillard que ocorre na crosta dos pães, segundo Gerrard (2002), é uma reação química entre um aminoácido ou proteína e um carboidrato reduzido, produzindo produtos com cor. A diferença no volume específico dos pães também está relacionada com a diminuição de nutrientes, de acordo com Fellows (2006) devido a razão entre a área superficial e o volume dos pães.

As fibras insolúveis aumentaram nos pães com adição do pseudocereal, pois este possui maior teor de fibras insolúveis que a farinha de trigo, enquanto as fibras solúveis diminuíram em relação ao padrão. Isso corrobora com os resultados encontrados por Brasil (2006), que menciona uma possível hidrólise das fibras solúveis pelas enzimas produzidas pelo fermento e/ou uma destruição parcial dessas durante o cozimento.

O processamento nem sempre diminui o valor nutricional dos alimentos, mas no caso da quinoa, influi diretamente no coeficiente de eficácia protéica (PER), segundo apontamentos de Koziol (1992). Diversos pesquisadores verificaram que, independente do tipo de processamento (lavagem, cozimento, extrusão), a

temperatura utilizada influenciava no aumento do PER. Uma das etapas de elaboração dos pães nesse experimento foi o forneamento sendo a provável temperatura atingida no miolo inferior a 100°C e na crosta pode chegar de 120°C a 140°C (QUAGLIA, 1991). Dessa forma, a utilização dos flocos de quinoa na elaboração dos pães pode melhorar a resposta do PER.

O processamento dos grãos inteiros de cereais e pseudocereais como também o armazenamento destes, devido às variações de temperatura e exposição ao ar, influenciam na estabilidade e níveis de tocoferóis. Produtos processados com calor (pão, por exemplo) possuem maior estabilidade no armazenamento, provavelmente devido à inativação da enzima lipoxigenases responsável pela oxidação dos tocoferóis (TIWARI e CUMMINS, 2009).

Verificou-se relação das características físico-químicas dos pães com a análise sensorial. Os flocos de quinoa adicionados nesses produtos influenciaram no sabor, mas destacou-se o atributo mastigabilidade, pois quanto maior foi a adição do pseudocereal, menor o índice de aceitabilidade nesse parâmetro, possivelmente devido a diminuição da maciez no produto de acordo com a análise da textura.

Em função do valor agregado dos flocos de quinoa nos pães, principalmente os com 15 e 20% de substituição, realizou-se avaliação biológica da funcionalidade destes em ratos machos da raça Wistar por 42 dias. O valor nutricional da dieta não foi alterado com a suplementação do pão e nem com a de colesterol, em vista da semelhança de ganho de peso e coeficiente de eficiência alimentar. Apesar disso, a dieta contendo colesterol e pão sem quinoa aumentou a síntese de gordura e sua deposição no fígado. Além disso, sugere-se que houve interação entre o pão sem quinoa e o colesterol, pois, os ratos dessa dieta apresentaram perfil lipídico com maiores quantidades de LDL oxidado, triglicerídeos, LDL e colesterol total e o HDL mais baixo entre todos os tratamentos.

Os grupos que consumiram pão com o pseudocereal apresentaram melhora no perfil lipídico tanto do sangue quanto do fígado, principalmente devido à redução do LDL oxidado correlacionado com os tocoferóis e seus tipos, pois estes inibem a oxidação dos lipídios. Provavelmente o incremento de tocoferóis pela adição de flocos de quinoa nos pães tenha protegido o perfil lipídico, principalmente quando da maior adição (20% em relação à farinha de trigo).

Em função disto, verificou-se que os flocos de quinoa agregaram valor ao produto devido a melhora de sua composição nutricional como também a proteção no perfil lipídico. Porém, novos estudos, envolvendo o processamento e as perdas

nutricionais decorrentes dele devem ser feitos.

Os flocos de quinoa podem ser adicionados em produtos alimentícios com intuito de agregar valor ao produto, porém o grau de benefício dependerá também do processamento, das perdas nutricionais ocorridas, bem como da biodisponibilidade dos nutrientes.

## REFERÊNCIAS

ALIMENTOS funcionais. Legislação protege o consumidor e abre espaço para inovações. **Food Ingredients**, São Paulo, n. 9, p. 38 – 42, 2000.

BANNWART, A. C. A qualidade na produção de pães. **Aditivos e Ingredientes**. São Paulo, n.13, p. 60-62, 2001.

BHARGAVA, A.; SHUKLA, S.; OHRI, D. Chenopodium quinoa: an Indian perspective. **Industrial Crops and Products**, Elsevier, v. 23, n. 1, p. 73 – 87, 2006.

BRASIL, J. A. **Efeito da adição de inulina sobre os parâmetros nutricionais, físicos e sensoriais do pão**. 2006. 65 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição) – Faculdade de Nutrição, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

BRASIL. Resolução nº 18, de 30 de abril de 1999. Dispõe sobre Regulamento Técnico que estabelece as diretrizes básicas para análise e comprovação de propriedades funcionais e ou de saúde alegadas em rotulagem de alimentos. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Disponível em: <<http://e-legis.anvisa.gov.br/lisref/public/showAct.php?id=109>>. Acesso em: 19 ago. 2008.

BRASIL. Resolução nº 263, de 22 de setembro de 2005. Aprova o Regulamento Técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. **Diário Oficial da União**. Poder Executivo, de 23 set. 2005. Disponível em: <<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=18822&word=>>>. Acesso em: 20 dez. 2008.

CALVEL, R. **O pão francês e os produtos correlates**: tecnologia e prática da panificação. Fortaleza: J. Macedo C.A. Comércio, Administração e Participações, 1987. 287 p.

CUSACK, D. F. Quinoa: grain of the Incas. **The Ecologist**, British, v. 14, n. 1, p. 21–31, 1984.

DOGAN, H.; KARWE, M. V. Physicochemical properties of quinoa extrudates. **Food Science and Technology International**, London, v. 9, n. 2, p. 101 – 114, 2003.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos**: princípios e prática. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 602 p.

FLIGHT, I.; CLIFTON, P. Cereal grains and legumes in the prevention of coronary heart disease and stroke: a review of the literature. **European Journal of Clinical Nutrition**, London, v. 60, n. 10, p. 1145-1159, 2006.

GERHARD, G.; WOLFGANG, D. **Biotecnologia**: introducción con experimentos modelo. Zaragoza: Acribia, 1991. 251 p.

GERRARD, J. A. Protein–protein crosslinking in food: methods, consequences, applications. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 13, n. 12, p. 391-399, 2002.

GORINSTEIN, S.; LOJEK, A.; CÍZ, M.; PAWELZIK, E.; DELGADO-LICON, E.; MEDINA, O. J.; MORENO, M.; SALAS, I. A.; GOSHEV, I. Comparison of composition and antioxidant capacity of some cereals and pseudocereals. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 43, n. 3, p. 629 – 637, 2008.

GUEDES, J.M. Indústrias de panificação buscam tecnologia para ter competitividade. **Engenharia de Alimentos**, São Paulo, n.19, p. 17-21, 1998.

HOSENEY, R. C. **Principios de ciencia y tecnología de los Cereales**. Zaragoza: Acribia, 1991. 321p

KARYOTIS, T.; ILIADIS, C.; NOULAS, C. ; MITSIBONAS, Th. Preliminary Research on Seed Production and Nutrient Content for Certain Quinoa Varieties in a Saline–Sodic Soil. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Berlin, v. 189, n. 6, p. 402 – 408, 2003.

KONISHI, Y.; HIRANO, S.; TSUBOI, H.; WADA, M. Distribution of minerals in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds. **Bioscience Biotechnology and Biochemistry**, Tokyo, v. 68, n. 1, p. 231 – 234, 2004.

KOZIOL, M. J. Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 5, n. 1, p. 35 – 68, 1992.

LEÓN, A. E.; ROSELL, C. M. **De tales harinas, tales panes: granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica**. 1. ed. Córdoba: Hugo Báez Editor, 2007. 478 p.

LORENZ, K.; COULTER, L.; JOHNSON, D. Functional and sensory characteristics of quinoa in foods. **Developments in Food Science**, Elsevier, v. 37, n. 1 ,p. 1031–1041, 1995.

MADL, T.; STERK, H. MITTELBACH, M. Tandem Mass Spectrometric Analysis of a Complex Triterpene Saponin Mixture of *Chenopodium quinoa*. **Journal of the American Society for Mass Spectrometry**, New York, v. 17, n. 6, p. 795 – 806, 2006.

OWENS, W. G. **Cereals processing technology**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2001. 256 p.

PIMENTEL, C. V. de M. B.; FRANCKI, V. M.; GOLLÜCKE, A. P. B. **Alimentos Funcionais: introdução às principais substâncias bioativas em alimentos**. São Paulo: Livraria Varela, 2005, 95 p.

QUAGLIA, G. **Ciencia y tecnología de la panificación**. 1. ed. Zaragoza: Acribia, 1991. 485 p.

RANHOTRA, G. S.; GELROTH, J. A.; GLASER, B. K.; LORENZ, K. J.; JOHNSON, D.

L. Composition and protein nutritional quality of quinoa. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 70, n. 3, p. 303 – 305, 1993.

REPO-CARRASCO, R.; ESPINOZA C.; JACOBSEN, S. E. Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kaniwa (*Chenopodium pallidicaule*). **Food Reviews International**, New York, v. 19, n. 1-2, p. 179 – 189, 2003.

RIBEIRO, S. Alimentos com saúde na fórmula. **Zero Hora**, Porto Alegre, ano 44, n. 15.379, p. 22-26, 2007.

SALINAS, R. D. **Alimentos e Nutrição**: introdução à bromatologia. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2002. 280 p.

SANDERS, M.E.; KLAENHAMMER, T.R. The scientific basis of *Lactobacillus acidophilus* NCFM functionality as a probiotic. **Journal of Dairy Science.**, Savoy, v.84, n.2, p.319-331, 2001.

STAUFFER, C.E. **Functional additives for bakery foods**. New York: AVI Books, 1990. 279p.

TIWARI, U.; CUMMINS, E. Nutritional importance and effect of processing on tocols in cereals. **Trends in Food Science & Technology**, Helsinki, v. 20, n. 11 – 12, p. 511 – 520, 2009.

VANNUCCHI, H.; JORDÃO, A.. Radicais livres, antioxidantes dieta: a importância das frutas e verduras. In: ANGELIS, R. C. **Importância de alimentos vegetais na proteção da saúde**. 1. ed. São Paulo: Atheneu, 2001. cap. 35, p. 193 – 201.

VITTI, P. Pão. In: **Biotecnologia industrial**. São Paulo: Edgar Blücher, 2001. 4v. vol.4, cap. 13, p.365-386.

WHO. **Protein and amino acid requirements in human nutrition**: report of Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation. Geneve: FAO/WHO/UNU, 2002. 265p. Disponível em: <[http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO\\_TRS\\_935\\_eng.pdf](http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO_TRS_935_eng.pdf)>. Acesso em: 18 dez. 2009. (Who Technical Report Series, 935).

WRIGHT, K. H.; PIKE, O. A.; FAIRBANKS, D. J.; HUBER, C. S. Composition of atriplex hortensis, sweet and bitter chenopodium quinoa seeds. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 67, n. 4, p. 1383 – 1385, 2002.