

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Características físico-químicas, nutricionais e sensoriais
de pão de forma com adição de grãos de linhaça (*Linum usitatissimum*)**

Neila Camargo de Moura

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Ciência
e Tecnologia de Alimentos

**Piracicaba
2008**

Neila Camargo de Moura
Nutricionista

**Características físico-químicas, nutricionais e sensoriais de pão de forma
com adição de grãos de linhaça (*Linum usitatissimum*)**

Orientadora:
Prof.^a Dra. **SOLANGE GUIDOLIN CANNIATTI BRAZACA**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Ciência
e Tecnologia de Alimentos

**Piracicaba
2008**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Moura, Neila Camargo de

Características físico-químicas, nutricionais e sensoriais de pão de forma com adição de grãos de linhaça (*Linum usitatissimum*) / Neila Camargo de Moura. - - Piracicaba, 2008. 94 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2008. Bibliografia.

1. Ácidos graxos omega-3 2. Consumidor 3. Grãos 4. Linhaça 5. Pão-propriedades físico-químicas-análise sensorial 6. Rotulagem de alimentos I. Título

664.752

CDD

M929c

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”

*À minha querida mãe, Maria,
por me ensinar que a educação é a ferramenta capaz
de transformar e libertar o ser humano*

Ao meu pai, por sua confiança depositada em mim

E aos meus irmãos, Josemar, Jonas e Jane pelo carinho e apoio.

DEDICO

Agradecimentos

À Prof^a. Dra. Solange Guidolin Canniatti Brazaca, pela oportunidade, apoio e orientação na realização dessa pesquisa.

À Escola Senai “Mario Dedini” e ao Prof. José Roberto das Neves pela doação dos ingredientes e pelo auxílio na elaboração dos pães.

À empresa Via Delícia pela doação das sementes.

Às Técnicas Débora Niero Mansi, Maria Fernanda Prado, Ivani Moreno, Luciane Akimi pela grande colaboração nas análises laboratoriais.

À Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela concessão da bolsa.

À estagiária Ariane Gomes da Silva, pela dedicação, empenho e companheirismo.

À Bibliotecária Beatriz, pela parceria nas correções.

À toda minha família, pela compreensão e estímulo constante.

Enfim, a todos que eu não mencionei, mas que estiveram de algum modo presentes nessa caminhada, o meu muito obrigada!

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT.....	8
LISTA DE FIGURAS.....	9
LISTA DE TABELAS.....	10
1 INTRODUÇÃO.....	12
2 DESENVOLVIMENTO.....	14
2.1 Objetivo geral.....	14
2.2 Objetivos específicos.....	14
2.3 Revisão de literatura	14
2.3.1 Papel dos ingredientes essenciais.....	16
2.3.2 Descrição do processo tecnológico do pão de forma.....	17
2.3.3 Óleo de linhaça.....	19
2.3.4 Ácidos graxos Omega 3 e Omega 6.....	21
2.3.5 Papel dos lipídeos na regulação da resposta inflamatória	22
2.3.6 Fontes de ácido graxo Omega 3 e Omega 6.....	23
2.3.7 Benefícios à saúde.....	24
2.3.8 Recomendações dietéticas.....	26
2.3.9 Antinutricionais.....	27
2.3.10 Rotulagem nutricional.....	29
2.4 Material e métodos.....	31
2.4.1 Preparo dos pães.....	32
2.4.2 Determinação dos ácidos graxos.....	33
2.4.3 Composição centesimal.....	34
2.4.4 Minerais.....	35
2.4.5 Ácido fítico.....	35
2.4.6.Taninos.....	36
2.4.7 Fenólicos totais.....	36
2.4.8.Digestibilidade de proteína “ <i>in vitro</i> ”	36
2.4.9 Propriedades físicas.....	37

2.4.9.1 Textura.....	37
2.4.9.2 Volume.....	37
2.4.9.3 Cor.....	38
2.4.10 Teste de preferência.....	38
2.4.10.1 Análise Descritiva Quantitativa.....	40
2.4.11 Rotulagem nutricional.....	49
2.4.12 Análise estatística	49
2.5 Resultados e discussão.....	50
2.5.1 Perfil de ácidos graxos.....	50
2.5.2 Composição centesimal.....	53
2.5.3 Valor calórico	55
2.5.4 Minerais.....	56
2.5.5 Antinutricionais.....	57
2.5.6 Digestibilidade de proteína “in vitro”	60
2.5.7 Qualidade dos pães.....	61
2.5.8 Textura.....	62
2.5.9 Volume.....	64
2.5.10 Cor.....	65
2.5.11 Análise sensorial.....	68
2.5.11.1 Teste de preferência.....	68
2.5.11.2 Análise descritiva quantitativa.....	71
2.5.11.2.1 Recrutamento e seleção.....	71
2.5.11.2.2 Treinamento.....	72
2.5.12 Informação nutricional.....	77
3 CONCLUSÕES.....	83
REFERÊNCIAS.....	85

RESUMO

Características físico-químicas, nutricionais e sensoriais de pão de forma com adição de grãos de linhaça (*Linum usitatissimum*)

A indústria alimentícia tem oferecido ao consumidor muitas opções para aquisição de pães, dentre essas estão os pães enriquecidos e os integrais. A linhaça é um alimento com alegação funcional que vem se destacando pela presença do Omega-3, fibra solúvel e proteína, porém seu consumo é baixo devido à falta de hábito e também por escassez de informação dos consumidores. O objetivo do estudo foi formular pães com adição de grãos de linhaça nas concentrações de 3%, 6% e 9% e compará-los ao controle, sem adição de linhaça. Foram realizadas análises de determinação do perfil de ácidos graxos, composição centesimal, quantificação do teor de minerais, determinação de antinutricionais (ácido fítico, taninos, compostos fenólicos totais), digestibilidade de proteína *in vitro*, análise da qualidade dos pães através do peso da massa crua, peso da massa assada, perdas durante a cocção e índice de conversão. As propriedades físicas dos pães também foram avaliadas através da textura, volume e cor. As características sensoriais foram analisadas através de teste de aceitabilidade realizado em padaria com 116 provadores e também pela Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) com 13 provadores treinados. Com os dados obtidos das análises químicas, elaborou-se um rótulo nutricional para cada formulação. Dentre os ácidos graxos quantificados, o palmítico, o oléico e o linoléico foram os maiores representantes nas 4 amostras de pães o que contribuiu para a frágil estabilidade dos produtos e para a formação de compostos indesejáveis, porém a presença de antioxidantes naturais nas sementes de linhaça controlou a oxidação lípidica. Nenhuma das amostras pode ser considerada fonte de fibra alimentar pelo fato de não conter 3g/100g de alimento pronto para consumo. O teor de fitatos presente nas amostras aumentou de acordo com a adição de sementes de linhaça. Nas 4 formulações de pães o teor de fitato diminuiu significativamente quando comparado ao da semente de linhaça. As amostras controle e com 6% de linhaça foram classificadas como volume específico “Muito bom” e as amostras com 3% e 9% de linhaça foram classificadas como volume específico “Bom”. Entre as amostras que receberam adição de linhaça, a amostra com 9% foi a melhor aceita pelos provadores e na ADQ, essa amostra apresentou médias superiores às demais em relação a maioria dos atributos levantados pelo provadores. Não foram identificados atributos indesejáveis para nenhuma das amostras através da ADQ.

Palavras-chave: Linhaça; Pão; Omega-3; Fitatos; Taninos; Compostos fenólicos; Consumidor; Rótulo nutricional

ABSTRACT

Physico-chemical, nutritional and sensory characteristics of flax seed wheat bread (*Linum usitatissimum*)

Food industries offer to consumer several types of breads options which vary from whole wheat to enrich with multigrain such with flax seed. Flax seed is considered a functional food that has important content of omega 3 fat acids, soluble fiber and protein, however its intake is very low in our diet. The aim of the research was to prepare a wheat bread enriched with flax seed at 3% or 6% or 9% concentration and to compare with a wheat bread control with no flax seed added. Analysis of fat acids composition, mineral composition, antinutritional content (phytic acid, tannin, total phenolic compounds) and *in vitro* protein digestibility were carried out in the bread samples. Bread quality was evaluated analyzing the weight of the raw dough, the baked bread, and the loss during the baking process and its conversion index. Physical properties of breads were evaluated for texture, volume and color. The sensory characteristics were evaluated using an acceptability test with 116 panelists and by quantitative descriptive analysis (QDA) with 13 trained panelists. A nutritional label was formulated for each one of the bread preparations. The quantified fat acids profile showed that palmitic, oleic and linolenic acids were the most representative fat acids in the 4 bread samples analyzed. The presence of those fat acids possibly contributes to the poor stability of the product and for the development of undesirable compounds. However, the presence of natural antioxidants in flax seed may help to control fat acid oxidation. None of the samples were considered a source of dietary fiber because they have less than 3g/100 g of bread. The phytate content present in the samples increased according to the increase of flax seed concentration in the bread. Compared to raw flax seed, the phytate content in the bread samples was lower. The control and the sample with 6% of flax seed had the ranking for specific volume described as "Very good" and the samples with 3% and 9% of flax seed as "Good". Between the bread samples, the best score in the acceptability test was obtained in the sample with 9% of flax seed. The same was observed for QDA which showed that the panel had high attributes for this sample compared to other ones. No undesirable attributes were identified in any other sample analyzed in QDA.

Keywords: Flax seed; Bread; Omega-3; Phytates; Tannins; Phenolic compounds; Consumer; Nutritional label

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Porcentagem de ácido graxo Omega 6 e Omega 3 presentes em óleos vegetais.....	24
Figura 2 – Ingredientes da formulação do pão de forma controle.....	32
Figura 3 – Ficha utilizada para o teste de preferência.....	39
Figura 4 – Ficha de recrutamento de provador.....	41
Figura 5 – Ficha para o teste de reconhecimento dos gostos básicos.....	42
Figura 6 – Ficha do teste triangular.....	43
Figura 7 – Ficha de levantamento de atributos.....	44
Figura 8 – Termos descritores, definições e referências elaboradas pela equipe.....	45
Figura 9 – Ficha da análise descritiva quantitativa dos pães.....	47
Figura 10 – Motivos pelos quais os provadores comprariam os 4 tipos de pães.....	70
Figura 11 – Perfil sensorial (aparência) em gráfico aranha para as amostras de pão de forma.....	74
Figura 12 – Perfil sensorial (aroma) em gráfico aranha para as amostras de pão de forma.....	75
Figura 13 – Perfil sensorial (sabor) em gráfico aranha para as amostras de pão de forma.....	76
Figura 14 – Perfil sensorial (textura) em gráfico aranha para as amostras de pão de forma	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Porcentagens médias de ácidos graxos identificados nos pães em base fresca com diferentes concentrações de linhaça.....	50
Tabela 2 – Composição centesimal média dos pães em base fresca com diferentes concentrações de linhaça.....	53
Tabela 3 – Valor calórico médio por 100g do produto em base fresca com diferentes concentrações de linhaça.....	55
Tabela 4 – Teor médio de minerais (mg/g) quantificados nas amostras de pães em base fresca com diferentes concentrações de linhaça.....	56
Tabela 5 – Teor médio de fitatos, taninos e fenólicos totais determinados nos pães em base fresca com diferentes concentrações de linhaça.....	57
Tabela 6 – Digestibilidade média da proteína “ <i>in vitro</i> ” dos pães em base fresca com diferentes concentrações de linhaça.....	60
Tabela 7 – Avaliação média da qualidade dos pães com diferentes concentrações de linhaça.....	61
Tabela 8 – Avaliação média da textura dos pães com diferentes concentrações de linhaça expressas em lbf/g.....	62
Tabela 9 – Avaliação média do volume/deslocamento e do volume específico dos pães com diferentes concentrações de linhaça.....	64
Tabela 10 – Medida média da cor da casca e do miolo dos pães com diferentes concentrações de linhaça, expressas pelo Croma.....	65
Tabela 11 – Resultados de cor (L, a* e b*) do pão de forma controle e dos pães com adição de semente de linhaça.....	66
Tabela 12 – Somatória das notas e nota média dos provadores (n=116) em relação as 4 amostras de pães.....	68
Tabela 13 – Distribuição das notas dos provadores segundo a escala hedônica.....	69
Tabela 14 – Intenção de compra dos provadores em relação aos pães com diferentes concentrações de linhaça.....	69
Tabela 15 – Respostas dos provadores ao teste de identificação dos gostos básicos e aos testes triangulares.....	72

Tabela 16 - Médias da equipe para os termos descritores de aparência, aroma, sabor e textura para os 4 pães de forma avaliados.....	73
Tabela 17- Informação nutricional do pão de forma sem adição de semente de linhaça.....	78
Tabela 18 – Informação nutricional do pão de forma com adição de 3% de semente de linhaça.....	79
Tabela 19 – Informação nutricional do pão de forma com adição de 6% de semente de linhaça.....	80
Tabela 20 – Informação nutricional do pão de forma com adição de 9% de semente de linhaça.....	81

1 INTRODUÇÃO

Devido à ampla divulgação pela imprensa em geral da relação entre alimentação e saúde, a preocupação da sociedade ocidental com os alimentos tem aumentado de forma exponencial. Uma grande quantidade de novos produtos que supostamente proporcionam benefícios à saúde tem sido apresentada pela indústria alimentícia diariamente (ANJO, 2004).

Devem-se levar em consideração alguns aspectos em relação aos alimentos funcionais. Para Borges *apud* Anjo (2004), eles devem exercer efeito metabólico ou fisiológico que contribua para a saúde física e para a redução do risco de desenvolvimento de doenças crônicas. Nesse sentido, devem fazer parte da alimentação usual e proporcionar efeitos positivos, obtidos em quantidades não tóxicas e que exerçam tais efeitos mesmo após a suspensão da ingestão e que não se destinem a tratar ou curar doenças, estando seu papel ligado à redução do risco de contrair doença.

Dentre as substâncias bioativas estudadas, estão os ácidos graxos, grupo composto pelos ácidos graxos poliinsaturados, destacando as séries Omega 3 e 6 encontrados em peixes de água fria (salmão), óleos vegetais, semente de linhaça, nozes e alguns tipos de vegetais. Encontram-se relacionados com a prevenção de doenças cardiovasculares, através da redução dos níveis de triglicérides e colesterol sanguíneo, aumentando a fluidez sanguínea e reduzindo a pressão arterial (MACHADO, 2001).

O óleo de linhaça contém, em média, 52% de ácido linolênico (Omega-3), sendo o alimento mais rico neste ácido graxo, em comparação com os 30% existentes no óleo de salmão, por exemplo. O ácido linolênico pode auxiliar na redução dos níveis de colesterol, evitando obstruções das artérias. Atua como antiinflamatório e promove a renovação celular. Participa também na constituição da hemoglobina, que transporta o oxigênio pelo sangue. As sementes de linhaça podem ser utilizadas na produção de pães, bolos e biscoitos. A presença de fibra alimentar na composição química dessa oleaginosa é um fator positivo para o tratamento da constipação intestinal. Como a linhaça é fonte de ácido linolênico, torna-se viável seu consumo, especialmente em regiões onde o acesso a alimentos de origem marinha é limitado (MANDARINO; ROESSING; BENASSI, 2005).

Com a finalidade de melhorar a qualidade nutricional dos alimentos, têm surgido no mercado pães confeccionados com farinha integral ou que incorporam em sua composição ingredientes opcionais como grãos e sementes. Dessa forma, proporciona aumento na quantidade de fibra alimentar além de outras substâncias importantes para a saúde. O consumo de produtos integrais é considerado baixo em comparação aos tradicionais, isto se dá especialmente pela falta de informação dos consumidores sobre os benefícios do produto.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Objetivo geral

- Avaliar o efeito da adição de diferentes concentrações de sementes de linhaça (0%, 3%, 6% e 9%) no processo de elaboração do pão de forma tradicional.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar o perfil de ácidos graxos presentes nos pães de forma tradicional;
- Analisar a composição centesimal, determinar o teor de minerais e avaliar a presença de fatores antinutricionais nos pães;
- Analisar o índice de digestibilidade protéica dos pães;
- Avaliar as propriedades físicas dos pães gerados pelas diferentes formulações;
- Realizar teste de preferência entre os pães;
- Realizar Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) com provadores treinados;
- Elaborar rótulo nutricional para os produtos.

2.3 Revisão de literatura

Pães são os produtos obtidos da farinha de trigo e ou outras farinhas, adicionados de líquido, resultantes do processo de fermentação ou não e cocção, podendo conter outros ingredientes, desde que não descaracterizem os produtos. Podem apresentar cobertura, recheio, formato e textura diversos (BRASIL, 2000).

O segmento de panificação e confeitaria no Brasil representa faturamento anual ao redor de US\$ 16 bilhões. A mão-de-obra direta empregada pelo setor é de 550.000 pessoas. Os produtos panificados ocupam a terceira colocação na lista de compras do brasileiro, representando, em média, 12% do orçamento familiar para alimentação. O mercado brasileiro importa do Canadá e Argentina cerca de 50% do volume de trigo para consumo doméstico (BRASIL, 2003).

Os pães de massa branca, como o pão de forma, por exemplo, podem ser consumidos, desde que em quantidades corretas, por praticamente todas as pessoas, pois complementam a dose diária de carboidratos, lipídios e proteínas que o organismo necessita. Além disso, são ricos em sódio, cálcio, fósforo e potássio. A única restrição se aplica às pessoas celíacas, que têm intolerância aos pães elaborados com farinha de trigo, centeio e aveia. O pão é fonte essencial de carboidratos, sendo, portanto, elemento fornecedor de energia de rápida metabolização. O pão é um alimento de uso universal, diário, fazendo parte do desjejum, lanches ou acompanhando as refeições principais (INSTITUTO..., 2005).

Em relação ao consumo, cada brasileiro consome, em média, 26 kg de pão por ano. Entretanto, existem grandes diferenças regionais. Enquanto algumas regiões no leste e no sul do país consomem cerca de 35 kg de pão, no norte e no nordeste esta média cai para 10 kg. O atual consumo per capita anual do Brasil representa apenas metade da porção recomendada por órgãos mundiais de alimentação como a OMS (Organização Mundial da Saúde – 60 kg/capita/ano) e a FAO (Food and Agriculture Organization – 50 kg/capita/ano). O Brasil ocupa ainda o oitavo lugar dentre os países de maior consumo per capita por ano de trigo, principal matéria-prima utilizada na fabricação do pão (INSTITUTO..., 2005).

A popularidade do pão é devida ao sabor, preço e disponibilidade junto às milhares de padarias e supermercados do país. Crescendo rapidamente, o mercado de pães artesanais e industriais demanda a criação de novas padarias e fábricas, desenvolvimento de maquinário, receitas, aditivos e coadjuvantes. Grande parte do consumo brasileiro é representada pela linha constituída por pães com crosta fina – ou nenhuma – e bastante miolo. O maior consumo de pães de forma, hambúrguer, *hot-dog*, bisnagas é impulsionado pelas cadeias de *fast-food* – além de pães especiais como bisnaguinhas, bastante populares no café da manhã de hotéis e merenda escolar (ESTELLER et al., 2004).

Para a elaboração de pães os ingredientes essenciais são farinha, água, fermento (*Sacharomyces cerevisiae*) e sal. Outros ingredientes podem ser empregados como enriquecedores na elaboração de pães como gordura, açúcar, ovos e leite. Uma vez reunidos cumprem funções tecnológicas específicas tais como fermentar e favorecer o crescimento da massa, reter água, realçar o sabor, conservar, formar e fortalecer a rede de glúten, aumentar a maciez, desenvolver coloração agradável, distribuir a temperatura por toda a massa, reter gás, conferir umidade, ligar,

aromatizar, aerar, emulsificar, aumentar o valor nutritivo e ampliar a durabilidade (MACHADO, 1996).

2.3.1 Papel dos ingredientes essenciais

Uma breve descrição dos principais ingredientes e de suas funções no preparo do pão de trigo é apresentada a seguir:

- SAL: é o ingrediente mais barato. Contribui para conferir o gosto salgado ao pão e aumenta a estabilidade do glúten da farinha. Dentro dos limites ideais, pode melhorar a força da farinha. A velocidade de fermentação também pode ser controlada pelo sal. Uma alta concentração salina diminui a velocidade de fermentação. Além disso, o sal diminui a retenção de água pela farinha em nível de aproximadamente 1% e diminui a adsorção de água em 1% (EL-DASH et al., 1986).
- AÇÚCAR: É responsável pelo aumento da velocidade da fermentação, aumento da maciez, desenvolvimento de uma coloração agradável da crosta, retenção de umidade no miolo e sabor. Quando utilizado em excesso, o resultado é um pão que esfarela (SERVIÇO..., 2004).
- FERMENTO: A função do fermento é produzir gás carbônico, responsável pelo aumento do volume da massa. A fermentação e o crescimento da massa podem ocorrer como resultado da ação de (I) fermentos químicos (em pó), que é uma combinação do ácido presente no alimento ou no próprio fermento com o bicarbonato que, em presença de água e sob a ação do calor, produzem gás carbônico. A ação desse tipo de fermento é rápida, daí a necessidade de adicioná-lo somente ao final da preparação. (II) Fermentos biológicos (em tabletes ou saches) favorecem a produção de gás carbônico pela ação de leveduras. Nesse caso há a necessidade de deixar a massa em repouso devido à ação mais lenta do fermento (SERVIÇO..., 2004).
- ÁGUA: Favorece a mistura dos ingredientes e permite ainda a formação da rede de glúten, controlando e distribuindo a temperatura da massa. É essencial para a atuação do fermento e responsável pela consistência da massa (SERVIÇO..., 2004).
- FARINHA DE TRIGO: A escolha apropriada da farinha a ser utilizada é de primordial importância. Como parte de suas proteínas a gliadina e a glutenina formam uma rede de glúten que retém o gás carbônico liberado na fermentação, o que propicia o crescimento do pão,

deixando-o macio. O tipo de grão de trigo utilizado para fazer a farinha determina sua elasticidade e extensibilidade e, portanto, sua aplicação para determinadas preparações. No Brasil a farinha de trigo mole é indicada para a elaboração de pães, bolos e biscoitos. A farinha extraída do trigo duro, com até 16% de proteínas é utilizada no preparo de massas (SERVIÇO..., 2004). A Resolução nº 344 de 2002 aprovou o Regulamento Técnico para a Fortificação das Farinhas de Trigo e das Farinhas de Milho com Ferro e Ácido Fólico, considerando que a anemia ferropriva representa um problema nutricional importante no Brasil, com severas conseqüências econômicas e sociais e também pelo fato da farinha de trigo e a farinha de milho serem largamente consumidas pela população brasileira. Essa Resolução torna obrigatória a adição de ferro e de ácido fólico nas farinhas de trigo e nas farinhas de milho pré-embaladas na ausência do cliente e prontas para ofertar ao consumidor, as destinadas ao uso industrial, incluindo as de panificação e as farinhas adicionadas nas pré-misturas, devendo cada 100g de farinha de trigo e de farinha de milho fornecerem no mínimo 4,2 mg de ferro e 150 mcg de ácido fólico.

- **GORDURA:** a gordura é um ingrediente extremamente importante. Além do seu efeito melhorador da massa e da qualidade do pão, também aumenta o valor energético do pão. A gordura age como um lubrificante molecular, aumentando a extensibilidade da massa. A gordura pode ser usada em concentrações altas de 6% a 7%, mas a concentração habitual é de 3%. O uso de quantidades excessivas produz massa extremamente extensível que se torna incapaz de resistir à pressão do gás produzido durante a fermentação (EL-DASH et al., 1986).

2.3.2 Descrição do processo tecnológico do pão de forma

O processo de fabricação do pão de forma consiste nas etapas descritas a seguir:

Mistura: Esta é a etapa inicial do processamento e consiste em homogeneizar os ingredientes, aerar e assegurar 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. A produção de massas à temperatura de 26-28°C, ao final da etapa de mistura, é adequada, pois inibe a fermentação e, conseqüentemente, a produção excessiva de

gases, sendo a temperatura da massa durante a mistura controlada pela temperatura da água (SERVIÇO..., 2004).

Divisão: obtenção de pedaços de massa de peso apropriado aos pães que devem ser fabricados. A precisão e a uniformidade são importantes, já que o excesso representa perda econômica. É uma operação física podendo ser feita manual ou mecanicamente (SERVIÇO, 2004).

Descanso da massa: o tempo de descanso permite o crescimento da massa e também que o glúten torne-se mais consistente. Após o período de descanso, a massa apresenta grande quantidade de gás carbônico devido à ação do fermento, que transforma o açúcar em gás carbônico e álcool. Para retirar esse gás, a massa deve ser pressionada e depois modelada (SERVIÇO..., 2004).

Moldagem: melhora a textura e a estrutura da célula do pão, assim como da forma apropriada ao produto. Uso de moldadores, projetados para desgaseificar e achatar, enrolar e selar a massa, sendo o mais comum o de rolos, mas também pode ser feito manualmente (SERVIÇO..., 2004).

Fermentação: a fermentação é uma etapa decisiva na fabricação do pão. Consiste na ação das leveduras, ou fermento ao consumirem o açúcar presente, transformando-o em álcool e gás carbônico. É realizada em câmaras com condições adequadas de temperatura e umidade relativa, e usualmente leva cerca de 40 a 120 minutos, dependendo do tipo de pão, formulação e qualidade da farinha. Como os pedaços de massa perdem gases na fase de moldagem, é essencial permitir um descanso final da massa com a finalidade de readquirir um volume adequado, influenciando diretamente a qualidade de textura e das células do miolo do produto final (SERVIÇO..., 2004).

Cozimento: tratamento térmico do amido e da proteína, inativação das enzimas e do fermento, permite a formação da crosta, e o desenvolvimento de aroma e sabor além de melhor palatabilidade. Temperaturas de 200 a 230°C por tempo variável, de acordo com o tipo e tamanho de pão confeccionado (SERVIÇO..., 2004).

Resfriamento: até uma temperatura aproximadamente igual à temperatura ambiente, antes de serem submetidos ao fatiador para posterior embalagem. O corte do pão quente pode causar deformação, enquanto que a embalagem do mesmo ainda morno resulta em condensação de

umidade com o subsequente crescimento de fungos e outras deteriorações. Pode ser feito expondo o produto à temperatura ambiente, porém necessita-se de muito espaço e muito tempo. Outro sistema, mais econômico e higiênico, seria o de esteiras, freqüentemente esterilizadas, que se movem lentamente e entram em contato com um ventilador (50 a 90 minutos) (SERVIÇO..., 2004).

Corte em Fatias e Embalagem: o corte para pães de forma é feito por lâminas ou correias cortantes. A embalagem pode ser feita manualmente (mais lento), ou por máquinas de embalagem de alta velocidade, específicas para produtos de panificação. Materiais de embalagem de polipropileno e polietileno são os mais comuns e os mais vendidos, a preços relativamente baixos, e são considerados excelentes para o empacotamento de pães em geral (SERVIÇO..., 2004).

2.3.3 Óleo de linhaça

O linho (*Linum sp* Linn) é uma planta herbácea. Sua fibra é utilizada na confecção de tecidos, celulose e papel, e suas sementes (conhecidas por linhaça) servem para extração do óleo. A espécie mais importante é o *Linum usitatissimum* Linn, uma das plantas cultivadas mais antigas e atualmente não mais encontrada em estado selvagem. No Brasil, a cultura começou no início do século XVII, na Ilha de Santa Catarina (Florianópolis). Posteriormente difundiu-se pelos Estados de São Paulo, Paraná e principalmente Rio Grande do Sul. A partir de 1963, o cultivo do linho para a produção de fibra foi quase extinto, devido à concorrência de fibras sintéticas e de outras fibras vegetais. Enquanto isso crescia o cultivo do linho para a produção do óleo de linhaça, e essa tendência permanece até hoje (SALGADO, 1988).

O *Linum usitatissimum* é uma espécie polimorfa. Existem dois grupos de linhos cultivados, facilmente reconhecíveis. O primeiro é cultivado para a produção têxtil e o segundo grupo é cultivado especialmente para a produção do óleo. Tem porte menor, de 40 a 70 cm de altura, caule forte, curto e ramificado desde a base. Suas inflorescências produzem flores grandes, geralmente azul-violáceas e sementes com cerca de 5 a 6 mm de comprimento e de 2,5 a 3,5 mm de diâmetro (SALGADO, 1988).

O linho precisa de muita umidade e clima temperado durante o período de crescimento. Solos argilosos meio pesados, férteis e com bom teor de matéria orgânica são os mais favoráveis à cultura do linho. O solo deve ser de constituição física média, humoso, fresco e profundo (SALGADO, 1988).

A semente de linhaça também chamada flaxseed (*Linum usitatissimum*), tem apresentado crescente demanda no mercado de óleos e farelos. É cultivada principalmente no Canadá, na Argentina, nos Estados Unidos, na Rússia e na Ucrânia. A semeadura ocorre nos meses de maio e junho e a colheita nos meses de novembro, dezembro e janeiro (MANDARINO; ROESSING; BENASSI, 2005).

A produção mundial de óleo de linhaça é da ordem de 2,3 a 2,5 milhões de toneladas anuais, sendo o Canadá o principal produtor. Na América do Sul, o maior produtor é a Argentina, com cerca de 80 toneladas/ano. O Brasil tem baixa produção, com apenas 21 toneladas/ano (LINO, 2000).

As sementes de linhaça são geralmente de cor marrom, leves e brilhantes, com uma substância na parte externa que as tornam pegajosas quando úmidas. Apresentam, em média, 35% de óleo, 26% de proteína, 14% de fibras, 12% de mucilagens e 9% de umidade; os principais minerais encontrados na linhaça são potássio, fósforo, magnésio, cálcio e enxofre (MANDARINO; ROESSING; BENASSI, 2005).

O farelo de linhaça, proveniente da extração do óleo, com alto teor de proteína e minerais, representa cerca de 66% do grão. Após o tratamento térmico e prensagem é utilizado em rações, principalmente para o gado leiteiro, objetivando aumentar a produção de leite e proporcionando a obtenção de manteiga e queijo de melhor qualidade (MANDARINO; ROESSING; BENASSI, 2005).

O óleo bruto de linhaça é obtido pelo esmagamento da semente de linhaça. Apresenta coloração âmbar escuro e forte odor característico, o que parece estar relacionado ao seu alto conteúdo (cerca de 85%) de ácidos graxos insaturados. Pode servir de matéria-prima para a obtenção de outros produtos, como por exemplo, o óleo de linhaça aquecido e o óleo de linhaça refinado clarificado. Este último é utilizado para a produção de tintas, vernizes, resinas e outros produtos (LINO, 2000).

Estão sendo desenvolvidos processos que incluem o óleo de linhaça bruto em rações para animais, de modo que os produtos derivados para consumo humano, como carnes, ovos, leite e pescados, possam estar enriquecidos com ácidos graxos do tipo Omega-3 e baixo teor de colesterol (MANDARINO; ROESSING; BENASSI, 2005).

2.3.4 Ácidos Graxos Omega 3 e Omega 6

Ácidos graxos são ácidos orgânicos com moléculas lineares que podem ter de 4 a 22 carbonos em sua estrutura. Eles são classificados em saturados, monoinsaturados e poliinsaturados. Essa diferença de tamanho, grau e posição da insaturação na molécula lhes conferem propriedades físicas, químicas e nutricionais diferentes (BELITZ; GROSCH, 1997).

A nomenclatura dos ácidos graxos segue: $C_n:x$ onde, n é o número de átomos de carbono e x é o número de insaturações. Um ácido graxo é chamado de Omega-3 quando a primeira dupla ligação está localizada no carbono 3 a partir do radical metil (CH_3), e Omega-6 quando a dupla ligação está no sexto carbono da cadeia a partir do mesmo radical (COLLI; SARDINHA; FILISETTI, 2002).

O nosso organismo consegue sintetizar a maioria dos ácidos graxos saturados e insaturados, porém, não os essenciais. Estes estão divididos em dois grupos: os da família Omega 3 (ácido linolênico) e Omega 6 (ácido linoléico). Os ácidos graxos Omega 3 são encontrados abundantemente em certas plantas e em óleo de peixe e os Omega 6 são encontrados em óleos vegetais. Os ácidos graxos Omega 3 apresentam dois derivados muito importantes (EPA – ácido eicosapentaenóico e DHA - ácido docosahexaenóico). O EPA é muito importante na prevenção de doenças cardiovasculares e hipertensão. O DHA apresenta capacidade de prevenir doença cardíaca, reduzir a taxa de triglicerídeos, além de ser importante no desenvolvimento da função visual e cerebral (GIBSON; MAKRIDES, 2000). Os ácidos graxos de cadeia longa, como o EPA e o DHA são biossintetizados no homem a partir do precursor Omega-3, o qual é alongado pela enzima elongase e desaturado pela enzima desaturase (DE ANGELIS, 2001).

2.3.5 Papel dos lipídeos na regulação da resposta inflamatória

Atualmente, a adequação do balanço dietético de lipídeos tem motivado inúmeras investigações. Em pacientes com alterações das respostas metabólicas, o equilíbrio entre os lipídeos da dieta tem como propósito controlar a resposta inflamatória exacerbada, por meio da relação entre os tipos de ácidos graxos polinsaturados ingeridos (CALDER, 2003).

Existem duas famílias importantes de ácidos graxos comumente consumidos na dieta: Omega 6 e Omega 3, sendo que esses representam os ácidos graxos essenciais para o organismo. Os lipídeos de 18 átomos de carbonos que pertencem a essas famílias – ácido α -linolênico (18:3 Omega 3) e o ácido linoléico (18:2 Omega 6) - usam as mesmas enzimas - dessaturases ($\Delta 6$ e $\Delta 5$) e uma elongase – para sintetizar seus derivados com 20 átomos de carbonos: ácido eicosapentaenóico (EPA) (20:5) e o ácido araquidônico (AA) (20:4). Os ácidos graxos Omega 3 e Omega 6, através de seus derivados – ácidos eicosapentaenóicos e araquidônicos- são duas classes de lipídios essenciais para a síntese dos eicosanóides (BISTRAN, 2003).

A dieta consumida atualmente pela população do ocidente é rica em ácido linoléico (Omega 6), presente, entre outros, nos óleos de milho, girassol e soja (THOMPSON; LOWRY, 1994). Em uma dieta Norte Americana típica, por exemplo, consome-se 89% do total de ácidos graxos poliinsaturados como ácido linoléico e apenas 9% como ácido linolênico (AGENCY..., 2005). O alto consumo implica no aumento da relação Omega 6: Omega 3. Segundo Fürst (2002), entre as civilizações modernas do Ocidente, essas dietas apresentam uma relação Omega 6: Omega 3 de 16,7:1. Esse perfil é desfavorável, especialmente nas situações em que existe uma resposta inflamatória exacerbada (THOMPSON; LOWRY, 1994).

O alto consumo de ácido linoléico favorece o aumento do conteúdo de ácido araquidônico (AA) nos fosfolipídios das membranas celulares, aumentando, conseqüentemente, a produção de prostaglandina (PG) E2 e leucotrieno (LT) B4, por meio das vias enzimáticas da ciclooxigenase (COX) e 5-lipoxigenase (5-LOX), respectivamente.

Em geral, os cientistas concordam que o ácido linoléico é precursor da síntese de eicosanóides da série par, com características pró-inflamatórias, como o tromboxano A₂ (TXA₂), as PGI₂ e PGE₂ e os LTB₄ (JAMES; GIBSON; CLELAND, 2000; KELLEY, 2001). As PGE₂ e os LTB₄ são os mediadores que possuem o maior potencial pró-inflamatório. A PGE₂ induz à febre, promove vasodilatação, aumenta a permeabilidade vascular e potencializa a dor e o edema causados por outros agentes, como bradicinina e histamina. Por outro lado, a PGE₂ inibe a produção do Fator de Necrose Tumoral (TNF- α) e Interleucinas 1 (IL-1), apresentando, nesse aspecto, característica antiinflamatória. Tem potencial imunossupressor, pois inibe a proliferação de linfócitos, a atividade das células *natural killer* (NK) e a produção de Interleucinas 2 (IL-2) e Interferon (IFN)- γ . O LTB₄ aumenta a permeabilidade vascular, o fluxo sanguíneo e a quimiotaxia dos leucócitos, induz à liberação de enzimas lisossomais e aumenta a produção de espécies reativas de oxigênio e de TNF- α , IL-1 e IL-6. Em todos esses aspectos, o LTB₄ é pró-inflamatório (CALDER, 2003; GRIMBLE, 2002). Como citado, os tromboxanos (TX) também provêm do metabolismo dos eicosanóides. Entre eles, o TXA₂ é o principal subproduto do AA, promovendo agregação plaquetária, adesão leucocitária e contração da musculatura lisa. Por outro lado, como apontado anteriormente, o aumento da oferta de ácidos graxos da família Omega 3, como o ácido linolênico (C18: 3) ou de EPA e de DHA, favorece a síntese de eicosanóides da série ímpar, como a PGE₃, TXA₃ e LTB₅, que possuem características antiinflamatórias. Esse equilíbrio proporciona menor formação de mediadores pró-inflamatórios, reduzindo alguns dos efeitos imunossupressores (CALDER, 2003).

2.3.6 Fontes de ácidos graxos Omega 3 e Omega 6

Os ácidos graxos Omega 3, EPA e DHA são encontrados em peixes de águas frias e a sua concentração depende da composição do fitoplâncton local (SANTOS, 2001). No entanto, sementes de linhaça, óleo de canola, gérmen de trigo são fontes importantes de Omega 3 (DE ANGELIS, 2001). Soccol e Oetterer (2003) avaliaram a relação entre Omega 3 e Omega 6 em vários óleos vegetais, sendo esta indicada na Figura 1.

ÓLEO	OMEGA 6	OMEGA 3
LINHAÇA	43.3	53.3
CANOLA	--	11.1
NOZ	--	10.4
SOJA	--	6.9
GÉRMEN DE TRIGO	53.0	6.8
FARELO DE ARROZ	--	1.6
MILHO	56.8	1.0
GIRASSOL	66.0	1.0
OLIVA	9.0	0.5
SEMENTE DE ALGODÃO	--	0.5

Figura 1 - Porcentagem de ácido graxo Omega 6 e Omega 3 presentes em óleos vegetais
Fonte: Soccol e Oetterer (2003).

2.3.7 Benefícios à saúde

A ingestão de ácido graxo Omega 3 provoca alterações estruturais e funcionais na membrana fosfolipídica. A fluidez da membrana celular aumenta, permitindo maior mobilidade das proteínas e favorecendo maior troca de sinais de transdução, interação hormônio-receptor e transporte de substratos entre os meios intra e extracelular (PIMENTEL; FRANCK; GOLLUCKE, 2005).

O tromboxano A2 é um importante agente vasoconstritor e agregante plaquetário. Nas plaquetas, o ácido graxo Omega 3 eicosapentanóico compete com o ácido araquidônico como substrato para a enzima cicloxigenase, inibindo a formação de tromboxano A2. Com a menor formação de tromboxano A2 ocorre diminuição da agregação plaquetária, ajudando assim a impedir a formação de coágulo, que é uma importante causa de infartos do miocárdio e a formação de trombos e aterosclerose (NOVAZZI; MARANHÃO, 2001).

O aumento do consumo de ácidos graxos Omega 3 pode baixar a pressão arterial. A intensidade da redução depende do grau de hipertensão arterial sistêmica, nível de ingestão de

sódio e da dose de ácidos graxos Omega 3 administrados, particularmente o ácido docosahexanóico. O mecanismo de ação mais provável é o desvio da produção de eicosanóides da série 2, derivados do ácido araquidônico, para a série 3, derivado do ácido eicosapentanóico. Em consequência, há uma atividade mais vasodilatadora e anti-agregante. Esses fatores têm sido associados a menores índices de doenças cardiovasculares (MORIGUCHI; BATLOUNI, 2001).

Ocorre também redução nos níveis de triglicérides plasmáticos por inibição da secreção hepática de VLDL e por diminuição da atividade de várias enzimas hepáticas responsáveis pela síntese de triglicérides. Por esse motivo, desde que a ingestão calórica seja adequadamente controlada, os ácidos graxos Omega 3 podem exercer efeitos benéficos no perfil de risco cardiovascular de pacientes com *diabetes mellitus* tipo 2 (WAITZBERG, 2001).

O consumo de ácido graxo Omega 3 favorece a deformação dos eritrócitos e diminui a viscosidade do sangue, mesmo com doses baixas. Estes efeitos facilitam a microcirculação e possibilitam uma maior oxigenação dos tecidos. O uso do óleo de peixe, contendo Omega 3, impede a ativação da proteína C quinase, diminuindo, assim, a produção de fatores responsáveis pela lesão cutânea da psoríase, melhorando o eritema, infiltração e descamação (PIMENTEL; FRANCK; GOLLUCKE, 2005).

O consumo de ácido graxo Omega 3 pode atenuar o processo inflamatório e aumentar a resposta linfocitária e também ser benéfico aos pacientes infectados pelo vírus HIV por diminuir a produção de citocinas e eicosanóides, agentes pró-inflamatórios prejudiciais na manifestação da doença e no mecanismo da anorexia (PIMENTEL; FRANCK; GOLLUCKE, 2005).

Os fosfolipídios que contêm balanço adequado entre ácido graxo Omega 3 e Omega 6 apresentam melhor transmissão do sinal neural, melhor fluidez e melhor integridade da membrana celular. Pesquisas têm indicado que um balanço desequilibrado entre esses ácidos graxos no interior da estrutura fosfolipídica poderia desencadear depressão (CHRISTOPHER; MARTIN, 2003).

Estudos epidemiológicos que examinaram os hábitos alimentares de indivíduos de diversas regiões constataram que o elevado consumo de Omega 3, especialmente proveniente de peixe, estava relacionado com um baixo índice de transtornos do humor. Em países como o Japão, cujo consumo anual de peixe é de 68 kg/pessoa, o índice de depressão é de 0,12%,

comparado à Alemanha, cujo consumo anual de peixe é menor que 13,6 kg/pessoa, a prevalência de depressão é na ordem de 5% (HIBBELN; SALEM, 1995).

Christopher e Martin (2003) reportaram benefícios para 18 dos 22 pacientes com distúrbio bipolar tratados com óleo de linhaça. Muitos pacientes descreveram melhora do humor quando o óleo de linhaça foi oferecido juntamente com os estabilizadores do humor.

2.3.8 Recomendações dietéticas

Níveis de ingestão adequada (AI) de ácidos graxos essenciais foram estabelecidos pelo *Institute of Medicine*, por meio das *Dietary Reference Intakes* (DRIs), baseadas na ingestão média da população americana. Esses valores preconizados de consumo são de 17g e 12g/dia de ácido linoléico (Omega 6) e 1,6g e 1,1g/dia de ácido linolênico (Omega 3) para homens e mulheres adultos, respectivamente. Isso representa que 5 a 10% da Necessidade Energética Total (NET) do indivíduo deve ser composta de Omega 6 e 0,6 a 1,2% da NET deve ser de Omega 3. (INSTITUTE...,2002). Por falta de dados suficientes, o *Institute of Medicine* não estabeleceu AI ou RDA para AA, EPA ou DHA (AGENCY..., 2005).

Considerando que essas duas famílias de ácidos graxos competem pelas mesmas enzimas, o balanço entre Omega 6 e Omega 3 na dieta é de grande importância. Como consequência das mudanças no padrão dietético humano, a relação entre ácidos graxos Omega 6: Omega3 na dieta também sofreu alterações no decorrer da História. No passado, na era paleolítica, essa relação contemplava, aproximadamente, 1:1 a 1:2, enquanto que o padrão atual (dieta ocidental) apresenta uma relação de 17:1 (FÜRST, 2002). Alguns considerem satisfatória a relação Omega 6: Omega 3 de 10 a 5:1, porém a relação ótima de consumo de Omega6 : Omega 3 é de 5:1 (INSTITUTE...,2002; NUTRITION..., 1999). De acordo com Fürst (2002), a proposta mais recente, com base em experimentação animal, é de 1:1.

2.3.9 Antinutricionais

Embora o interesse nutricional na ação do fitato tenha sido primordialmente enfatizado em seu efeito adverso na absorção de minerais, ocasionado pela formação de quelatos com íons metálicos como o cálcio, ferro e zinco, esta mesma habilidade em ligar-se a minerais tem sido estudada com relação aos efeitos benéficos para o organismo humanos. Os dados sobre o fitato na prevenção de câncer e cálculos renais embora sejam ainda limitados, sugerem uma nova visão da ação do fitato no organismo humano (ASSIS; NAHAS, 1999).

A respeito dos resultados de algumas pesquisas, existem discordâncias sobre a influência do fitato na biodisponibilidade de minerais. Forbes, Parker e Erdman (1984) sugerem que o fitato provavelmente não exerce efeito significativo na biodisponibilidade de zinco em seres humanos que ingerem uma dieta adequada. As evidências experimentais em ratos mostram que ocorre um efeito mínimo sobre o zinco ósseo em animais alimentados com dieta contendo razão fitato: zinco abaixo de 30, e geralmente, nas dietas normais de indivíduos humanos a razão fitato: zinco não excede 24. Hunt, Johnson e Swan (1987) analisaram algumas características de alimentos de origem vegetal e animal que podem influenciar a biodisponibilidade de zinco. Os resultados da investigação destes autores revelaram que a biodisponibilidade de zinco foi similar para as duas classes de alimentos, portanto não confirmando o conceito geral de que o zinco é pouco disponível em alimentos vegetais comparado com alimentos animais. Brune et al. (1992) estudaram a absorção de ferro de vários tipos de pão em seres humanos. Estes autores concluíram que o inositol tri, tetra, penta e hexafosfato inibem a absorção de ferro sendo que, a fermentação utilizada no processamento de pães melhora a biodisponibilidade de ferro.

Por outro lado, algumas pesquisas sugerem um papel positivo dos fitatos com relação a redução do risco de câncer de cólon (MESSINA; BARNES, 1991; SHAMSUDDIN, 1992), prevenção de cálculos renais (ZHOU; ERDMAN, 1995; GRASES et al., 1996) e ação antioxidante (EMPSON; LABUZA; GRAF, 1991). A habilidade do fitato em ligar-se a metais, particularmente ao ferro, pode explicar sua ação antioxidante e anticarcinogênica (MESSINA; BARNES, 1991; JARIWALLA, 1992). O fitato é um poderoso inibidor da produção de radical hidroxila (-OH) mediada pelo ferro, devido a sua capacidade de formar quelato com o ferro tornando-o cataliticamente inativo (GRAF; EATON, 1985). Além disso, o ácido fítico altera o

potencial redox do ferro mantendo-o na forma férrica (Fe^{3+}). Este efeito oferece proteção contra danos oxidativos, visto que o Fe^{2+} causa produção de oxirradicais e peroxidação de lipídios, enquanto o Fe^{3+} é relativamente inerte (EMPSON; LABUZA; GRAF, 1991). Para Nelson (1992), evidências experimentais confirmando a associação entre ferro e câncer de cólon em estudos epidemiológicos com humanos e modelos animais ainda é extremamente limitada, embora tenha sido sugerido em algumas pesquisas que o efeito protetor da fibra da dieta observada em câncer de cólon não deve ser devido a alterações no volume fecal, conteúdo de água, tempo de trânsito ou pH, mas ao efeito quelante do ácido fítico presente nas fibras da dieta sobre o ferro. Entretanto, Pretlow et al. (1992) observaram redução do volume e número de tumores no cólon de ratos tratados com azoximetano que receberam 2% de fitato de sódio na água, em comparação com ratos que não receberam fitato de sódio. Em função da propriedade antioxidativa, o ácido fítico pode ser usado como conservante natural muito versátil na indústria de alimentos, prevenindo a hidrólise de óleo de soja, rancidez em carnes e estabilizando agentes que conferem cor aos alimentos (GRAF, 1983).

Os polifenóis fazem parte da composição de muitas plantas e são considerados fatores antinutricionais de grande importância. São substâncias quimicamente muito ativas e que podem reagir reversíveis ou irreversivelmente, com proteínas, prejudicando a digestibilidade e a biodisponibilidade da lisina e de outros aminoácidos essenciais. As substâncias fenólicas mais encontradas em plantas são os ácidos fenólicos, flavonóides e taninos (SANTOS et al., 2001). Os polifenóis do tipo tanino possuem a importante característica de se ligar às proteínas (BUTLER, 1989) e, de acordo com Maliwal (1983), formam complexos proteína-tanino mediante pontes de hidrogênio, impedindo assim a digestibilidade das mesmas. Segundo Chung et al. (1998), além das proteínas, os taninos formam complexos com o amido e enzimas digestivas, reduzindo o valor nutricional dos alimentos. São atribuídos aos taninos outros efeitos prejudiciais à dieta, como cor indesejável aos alimentos e reações de diminuição da palatabilidade, devido à adstringência (SANTOS et al., 2001).

De acordo com Carbonaro, Virgili e Carnovale (1996), os taninos pertencem ao grande grupo dos polifenóis que tem função antioxidante agindo na quelação de minerais como o cobre e o ferro tornando estes elementos indisponíveis para a reação de Fenton. Essa reação processa-se em dois tempos e requer ferro. O íon férrico é reduzido a ferroso, o qual sofre oxidação pelo

peróxido de hidrogênio. O resultado final é a liberação de íons hidroxila. Os taninos interagem com radicais hidroxil mais que com os metais na formação de quelatos, portanto os taninos têm importância nutricional devido à sua ação antioxidante. Também podem doar elétron para radicais livres altamente reativos diminuindo a reatividade do radical pelo deslocamento do elétron não pareado no anel fenólico (BORS et al., 1990; CHIMI et al., 1991; HUSAIN; CILLARD; CILLARD, 1987).

2.3.10 Rotulagem nutricional

Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) rótulo é toda inscrição, legenda e imagem ou, toda matéria descritiva ou gráfica que esteja escrita, impressa, estampada, gravada ou colada sobre a embalagem do alimento (BRASIL, 2005).

O rótulo é responsável por trazer dados importantes do produto para o consumidor como nome, peso, características e data de validade. Porém há algumas informações que segundo a ANVISA devem estar obrigatoriamente no rótulo. São elas:

Denominação de venda do alimento: é o nome específico que indica a origem e as características do alimento. Por exemplo: óleo de soja, gordura vegetal hidrogenada.

Lista de ingredientes: com exceção de alimentos com um único ingrediente (por exemplo: açúcar, farinha de trigo), os demais devem ter a descrição de todos os ingredientes no rótulo, por ordem decrescente da proporção. Os aditivos alimentares também devem fazer parte da lista sendo relatados por último.

Peso Líquido: no rótulo deve constar a quantidade de alimento presente na embalagem, sendo expressa normalmente em mililitro (mL), litro (L), grama (g), quilo (Kg) ou por unidade.

Identificação da origem: devem ser indicados o nome e o endereço do fabricante. Atualmente, a maioria das indústrias oferece aos clientes. O Serviço de Atendimento ao Consumidor (SAC), disponibilizando também no rótulo, o telefone e o e-mail para facilitar o contato em caso de dúvidas, críticas e sugestões.

Identificação do lote: todo rótulo deve ter impresso uma indicação em código que permita identificar o lote a que pertence o alimento.

Prazo de validade: deve estar presente de forma visível e clara. No caso de alimentos que exijam condições especiais para sua conservação, devem ser indicados o melhor local de armazenamento e o vencimento correspondente. O mesmo se aplica a alimentos que podem se alterar depois de abertas suas embalagens.

Instruções sobre o preparo e o uso de alimentos: quando necessário o rótulo deve conter as instruções necessárias sobre o modo apropriado de uso, incluídos a reconstituição e o descongelamento.

Informações Nutricionais: de acordo com a Resolução nº 40, de 21/03/01, todos os alimentos e bebidas produzidos, comercializados embalados na ausência do cliente e prontos para a oferta ao consumidor devem ter as informações nutricionais presentes no rótulo. Excluem-se desse Regulamento, as águas minerais e as bebidas alcoólicas. Obrigatoriamente a informação nutricional deve estar por porção (fatia, copo, unidade) e os nutrientes devem estar dispostos na seguinte ordem: valor calórico, carboidrato, proteínas, gorduras totais, gorduras saturadas, colesterol, fibra alimentar, cálcio, ferro e sódio.

Contém glúten: de acordo com a Resolução nº40 de 08/02/02, todos os produtores de alimentos industrializados contendo glúten através dos ingredientes trigo, aveia, cevada e centeio e/ou derivados passaram a ter que incluir obrigatoriamente a advertência no rótulo das embalagens, a fim de alertar os indivíduos com doença celíaca que não podem consumir tais alimentos devido à intolerância ao glúten.

Alimentos para fins especiais: segundo a Portaria nº 29, de 13/01/1998, os alimentos para fins especiais, ou seja, formulados para atender necessidades específicas, devem ter no rótulo a respectiva designação, seguida da finalidade a que se destina (exemplos: *diet*, *light*, enriquecido com vitaminas, isento de lactose). Em alguns casos, é obrigatória a utilização de alertas como: “Contém fenilalanina” (alimentos com adição de aspartame), ou “Contém sacarose” (alimentos contendo açúcar).

A ANVISA publicou em 26/12/03 as Resoluções RDC nº 359 - Regulamento Técnico de Porções de Alimentos Embalados Para Fins de Rotulagem Nutricional e RDC nº 360 - Regulamento Técnico Sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados, incorporando as normas aprovadas no Mercosul ao ordenamento jurídico nacional.

As novas Resoluções apresentam alterações em relação ao que vinha sendo praticado no Brasil, entre as quais destacam-se:

Nutrientes a serem declarados: Devem ser declarados, obrigatoriamente, o valor energético e os seguintes nutrientes: carboidratos, proteínas, gorduras totais, gorduras saturadas, gorduras trans, fibra alimentar e o sódio.

Obrigatoriedade da declaração da porção do alimento em medida caseira: A informação nutricional terá, obrigatoriamente, além da quantidade da porção do alimento em grama ou mililitro, o correspondente em medida caseira, utilizando utensílios domésticos como colher, xícara, dentre outros.

Valor de Referência Diária (%VD) em 2000 kcal: O valor de 2000 Kcal não se trata de uma referência para guias alimentares, que nesse caso cada país deve ter a sua aplicada à realidade da população, mas sim um valor para efeito exclusivo de rotulagem de alimentos embalados. A expressão que consta ao final de cada tabela da rotulagem nutricional deixa claro para o consumidor essa idéia.

Essas adequações foram imprescindíveis para a aprovação das Resoluções Mercosul que viabilizaram a adoção de uma rotulagem nutricional única no Bloco, complementado assim, a harmonização total da regulamentação de alimentos embalados e dispostos para o consumo da população nos quatro países.

2.4 Material e métodos

Os pães foram confeccionados na planta de panificação experimental da escola SENAI “Mário Dedini”, Piracicaba-SP. As análises químicas, físicas e sensoriais foram realizadas no Laboratório de Bromatologia, no Laboratório de Bioquímica e Análise Experimental de Alimentos e no Laboratório de Análise Sensorial de Alimentos, todos localizados no Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” / USP. O teste de preferência dos produtos foi realizado em uma padaria, localizada no bairro Paulista na cidade de Piracicaba e as sementes de linhaça marrom, usadas na confecção dos pães foram doadas pela empresa “Via Delícia” da cidade de São Paulo. Nas sementes de

linhaça, foram realizadas apenas análises químicas enquanto que nos pães foram realizadas análises físicas, químicas e sensoriais.

2.4.1 Preparo dos pães

A amostra controle foi confeccionada a partir da formulação padrão para pão de forma, fornecida pelo curso de panificação da escola SENAI “Mário Dedini” do município de Piracicaba. Os ingredientes da formulação estão listados na Figura 2:

Ingrediente	Peso g
Farinha de trigo	3000
Sal	60
Açúcar	180
Melhorador	30
Margarina	120
Fermento biológico	120
Leite em pó	90
Água	1800

Figura 2 - Ingredientes da formulação do pão de forma controle

Os ingredientes foram separados e pesados em balança digital da marca Filizola, modelo Pluris (220Volts). Em seguida, os ingredientes secos foram homogeneizados durante dois minutos em amassadeira espiral da marca Superfecta, modelo AE 15E (equipamento com 2 velocidades, comando manual, garfo espiral de aço, transmissão de calor com coroa de aço, rolamentos blindados e bacia de aço carbônico). Logo após, foi adicionado o restante dos ingredientes e 80% da água. Os 20% restante da água foram utilizados para determinar a textura da massa. Foi feita homogeneização total da massa durante 4 minutos. Todas essas etapas foram realizadas com a amassadeira na 1ª velocidade.

Com o equipamento em 2ª velocidade, foi feita homogeneização até se desenvolver a rede de glúten, atingindo o “ponto de véu”. Em seguida, a massa foi retirada da amassadeira, dividida em 4 partes iguais e adicionou-se as sementes de linhaça nas concentrações 0%, 3%, 6% e 9% e cada parte, individualmente, foi novamente homogeneizada na amassadeira. Depois, as massas foram levadas à mesa e cobertas com plástico durante 15 minutos para a fermentação das mesmas. As massas foram acondicionadas em formas (10,5 cm de largura x 10 cm de altura x 20 cm de comprimento) e levadas à câmara climática de panificação (Umidade Relativa 85° e temperatura de 36° a 39° C) para a fermentação final durante 60 minutos. Após a fermentação, as formas foram levadas ao forno da marca Supremax, modelo Multi-213 a 180°C durante 30 minutos para o assamento.

2.4.2 Determinação dos ácidos graxos

Para a determinação de ácidos graxos, os lipídios dos pães foram extraídos através do método descrito por Bligh e Dyer (1959), que consiste em extração do óleo a frio. Para 10 g de amostra foram utilizados 10 mL de clorofórmio e 20 mL de metanol. Essa mistura foi agitada em *turrax* por 2 minutos. Em seguida adicionou-se mais 10 mL de clorofórmio e agitou-se por 1 minuto no *turrax*. Adicionou-se mais 10 mL de clorofórmio e agitou-se por 1 minuto. Transferiu-se a amostra para funil de separação e adicionou-se 10 mL de KCl 1 %. A fase inferior (clorofórmio + lipídios) foi recolhida em sulfato de sódio anidro. O excesso de solvente foi evaporado no rota evaporador em temperatura baixa. Em seguida, foi realizada a estereificação de ácidos graxos em óleo de acordo com a metodologia de Hartman e Lago (1973). Pesou-se 100 mg (0,100 g) de amostra no tubo de vidro e revestiu-se o gargalo com a fita veda-rosca. Adicionou-se 4 mL do reagente de saponificação, com pipeta, fechou-se e agitou-se o tubo vigorosamente em vortex. Os tubos foram aquecidos a 75°C durante 5 minutos. O tubo foi resfriado sob água corrente até 30-40°C. Em seguida, abriram-se os tubos e adicionou-se 5 mL de éter de petróleo, agitou-se vigorosamente por pelo menos 30 segundos em vortex. Adicionou-se 5 mL de solução salina saturada e agitou-se manualmente com cuidado para evitar a formação de emulsão. Após separação de fases, coletou-se a fase superior, que contém os ésteres metílicos com pipeta Pasteur. Os ésteres foram transferidos para um segundo tubo e adicionou-se 5 mL de

água destilada, agitou-se manualmente e aguardou-se a separação de fases. Recolheu-se a fase superior com uma pipeta Pasteur, esta foi transferida para tubo de vidro com batoque e tampa e realizou-se a análise no cromatógrafo gasoso. Como a leitura não foi feita no mesmo dia, as amostras foram vedadas com parafilme e armazenadas em freezer a - 20°C.

A leitura foi realizada em cromatógrafo gasoso da marca Shimadzu modelo GC-14 B, equipado com detector por ionização em chama, injetor do tipo *split*, coluna capilar de sílica fundida (50 m de comprimento x 0,22 mm de diâmetro interno, Shimadzu-Hicap, Austrália). As condições cromatográficas foram: temperatura da coluna em 180° C (isotérmica); gás de arraste, hidrogênio numa vazão de 1,05 mL/minuto; temperatura do detector e do injetor de 250° C.

2.4.3 Composição centesimal

Os pães foram avaliados quanto à composição centesimal. As análises de teor de umidade, proteína bruta, extrato etéreo e de cinzas foram realizadas de acordo com a metodologia indicada pela AOAC (1995).

Para determinação do teor de matéria seca, foi utilizado o método gravimétrico em que as amostras foram secas em estufa a 105° C, até peso constante.

O teor de nitrogênio total foi determinado pelo método Microkjeldahl, sendo o teor protéico determinado multiplicando-se o conteúdo do nitrogênio total pelo fator 5,75 para os pães e 6,25 para as sementes de linhaça.

O extrato etéreo foi determinado utilizando o extrator de Soxhlet. Na extração foi utilizado como solvente o éter etílico à temperatura de 45-50° C em refluxo contínuo da amostra por 6 horas. Após recuperação do éter etílico, os tubos foram retirados e colocados em estufa por 20 minutos a 100° C, deixando-os esfriar em dessecador e pesados, obtendo-se a quantidade de lipídeos por diferença do peso do tubo.

A cinza foi determinada através de incineração da amostra em mufla à temperatura de 550-600° C por 4 horas.

O teor de fibra dietética foi determinado de acordo com a metodologia proposta por Asp, Johansson e Hallmer (1983). Esse ensaio determina o conteúdo de fibra solúvel e insolúvel dos alimentos usando uma combinação dos métodos enzimáticos e gravimétricos.

Os carboidratos foram obtidos por diferença.

Com os dados de carboidrato, proteína e lipídeo, foi calculado o valor calórico por 100 g de cada produto obtido, utilizando a eq.(1):

$$\text{Valor calórico} = (\text{g de proteína} \times 4) + (\text{g de lipídeos} \times 9) + (\text{g de carboidratos} \times 4) \quad (1)$$

2.4.4 Minerais

Os elementos minerais foram determinados de acordo com a metodologia proposta por Sarruge e Haag (1974). Foi pesado 0,5g de amostra em tubos de digestão e adicionados 10 mL de ácido nítrico. As amostras foram colocadas em capela por uma noite. Em seguida, as amostras foram colocadas no bloco digestor e o aparelho foi acionado a 50° C. Foi elevada a temperatura paulatinamente, até atingir 150°C. As amostras foram retiradas do bloco digestor. Depois que as amostras esfriaram, acrescentou-se 1 mL de ácido perclórico e as amostras retornaram para o bloco digestor a 150° C, a temperatura foi elevada gradativamente até 250° C. Depois que as amostras esfriaram, foram adicionados 25 mL de água desmineralizada e deixadas descansar durante uma noite. As amostras foram colocadas em frascos para a leitura de absorvância em espectrofotômetro de absorção atômica em comprimento de onda de 248,3 nanômetros.

2.4.5 Ácido fítico

O teor total de ácido fítico nas amostras foi determinado segundo o método descrito por Grynspan e Cheryan (1989), onde as amostras foram digeridas em 10 mL de solução de HCl 0,65 N com agitação casual, posteriormente centrifugada a 300 rpm por 10 minutos. Na seqüência, foi pipetado 2 mL do sobrenadante que foi diluído em água destilada em balão volumétrico de 25 mL. Foi pipetado 10 mL da solução do balão para bureta previamente preparada fazendo com que a solução eluísse através da resina a uma velocidade de 1 gota por segundo, posteriormente o eluído foi descartado. Em seguida foi pipetado 15 mL de solução de NaCl 0,1 M para a bureta, sendo o eluído descartado também. Foi pipetado 15 mL de solução de NaCl 0,7 M e recolhido o eluído em béquer limpo onde foi pipetado 5 mL em tubos de ensaio adicionados de 1 mL de reagente de Wade com agitação vigorosa. Após 15 minutos foi realizada a leitura da absorvância a 500 nm em espectrofotômetro Beckman modelo DU 640, obtendo-se assim o teor de ácido

fítico a partir da construção de curva padrão, sendo os resultados expressos em mg de ácido fítico/g de amostra.

2.4.6 Taninos

Os taninos foram analisados segundo a metodologia descrita por Price, Hagerman e Butler (1980), através da extração com 10 mL de metanol em 0,2 g de amostra com agitação por 20 minutos e centrifugação a 4000 rpm por 10 minutos. Em seguida foi realizada a reação colorimétrica com solução de vanilina a 1 % em metanol e 8 % de HCl em metanol na proporção de 1:1 e com incubação a 30° C por 20 minutos. Então, a partir de 1 mL de extrato e 5 mL de solução de vanilina foi realizada a leitura a 500 nm em espectrofotômetro Beckman modelo DU 640, obtendo-se assim a concentração de taninos a partir de uma curva padrão de catequina, sendo os resultados expressos em mg/g.

2.4.7 Fenólicos totais

A determinação da concentração de fenólicos totais foi realizada segundo metodologia descrita por Swain e Hillis (1959), através de extração com metanol, adição de reagente Folin-Denis, saturação com carbonato de sódio e posterior leitura de absorvância a 660 nm.

2.4.8 Digestibilidade de proteína “*in vitro*”

Para a determinação da digestibilidade da proteína foi utilizado o método descrito por Akeson e Stahmann (1964) em que foram pesados 1,5 g de amostra e adicionado 10ml de solução ácida de pepsina. Foi levado ao banho maria a 37°C sob agitação durante 3 horas. Em seguida, neutralizou-se com 10 ml de NaOH 0,1 N e adicionou-se 10 ml de solução pancreatina. Novamente levou-se ao banho maria a 37°C sob agitação durante 24 horas. Foi retirado 2 ml da mistura e transferiu-a para tubo de centrífuga. Foram adicionados 10 ml de ácido pícrico 1% e centrifugado a 4.000 rpm por 30 minutos. Foi retirado 0,5 ml do sobrenadante utilizado para a digestão protéica. O cálculo da digestibilidade “*in vitro*” foi efetuado através da eq. (2).

$$\text{Digestibilidade "in vitro" \%} = [A - (B - C/A)] \times 100 \quad (2)$$

Onde:

A= Quantidade de proteína medida por Kjeldahl (%)

B= Média obtida a partir da digestibilidade (%)

C= Branco (%)

2.4.9 Propriedades físicas

Em relação às propriedades físicas foram verificados o peso da massa crua e o da massa assada. As perdas na cocção foram calculadas a partir da diferença entre o peso da massa crua (g) e o peso final (g) dos pães. O Indicador de Avaliação do Índice de Conversão, de acordo com Philippi (2003), foi calculado através da relação entre o peso final (g) e o peso da massa crua (g).

2.4.9.1 Textura

A firmeza foi avaliada objetivamente no “*Texture Testing System*” (Kramer Shear Press) modelo TP-2 acoplado a um registrador automático de variação de força, operando em célula padrão de compressão de cisalhamento CS-1, com 10 lâminas de 1/8 polegadas de espessura e ângulo 90°. As amostras foram previamente pesadas (aproximadamente 50g) e colocadas na célula teste de tal forma que as lamina das células tivessem ação paralela às amostras. Foi utilizado o sensor em 100 lbs (libras-força) e a velocidade de descida do pistão será de 20 cm/min. O cálculo da firmeza foi realizado através da eq. (3) e os resultados expressos em lbf/g.

$$\text{Leitura} \times \text{fator de posição do sensor eletrônico} / \text{peso da amostra} \quad (3)$$

2.4.9.2 Volume

O volume dos pães foi determinado pelo deslocamento de um volume conhecido de sementes de linhaça em recipiente apropriado e o volume específico foi obtido pela razão entre o volume (mL) e o peso final dos pães (FREITAS; STERTZ ; WASZCZYNSKYJ, 1997).

2.4.9.3 Cor

A cor das amostras foi avaliada utilizando-se o Colorímetro Minolta, modelo Chroma Meter CR-200 b. Foram utilizadas 9 amostras de pão para cada tratamento, realizando-se uma leitura por amostra. Foram mensuradas a cor da casca e do miolo dos pães. As amostras foram avaliadas no sistema L, a* e b* (BIBLE; SINGHA, 1999). Para o cálculo do croma (C), que expressa a medida de cor, foi utilizada a eq. (4) conforme descrita por Estévez e Cava (2004).

$$C = (a^2 + b^2)^{0,5} \quad (4)$$

2.4.10 Teste de preferência

O teste de preferência foi realizado em padaria com abordagem direta aos consumidores, que expressaram sua opinião através de escala hedônica estruturada de 9 pontos conforme descrita por Moraes (1985) (Figura 3).

Os provadores também foram questionados quanto à intenção de compra dos produtos. As amostras foram avaliadas em uma única sessão, sendo as mesmas apresentadas de forma monádica. Após a degustação do produto, o provador anotava na ficha a sua respectiva nota.

Foram abordados 116 indivíduos não treinados de ambos os sexos, escolhidos aleatoriamente entre diferentes faixas etárias e classes sociais que não apresentassem problemas de saúde que interferissem nos órgãos dos sentidos, especialmente o paladar. Foram oferecidos aos provadores em torno de 10g de amostra de cada um dos produtos formulados (0%, 3%, 6% e 9% de linhaça). Para a realização do teste de aceitabilidade, a proposta da pesquisa foi submetida à avaliação pelo Comitê de Ética em Pesquisa, na faculdade de Odontologia de Piracicaba (UNICAMP/FOP).

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS, NUTRICIONAIS E SENSORIAIS
DE PÃO COM ADIÇÃO DE GRÃOS DE LINHAÇA**

Essa pesquisa tem por objetivo verificar a aceitabilidade de pão com a adição de diferentes quantidades de grãos de linhaça. Não é necessária a sua identificação, porém ao responder a esse teste você estará concordando em participar dessa pesquisa.

Você está recebendo 4 amostras de pão, avalie cada amostra usando a escala abaixo para descrever o quanto você gostou ou desgostou de cada uma delas.

9. Desgostei muitíssimo
8. Desgostei muito
7. Desgostei moderadamente
6. Desgostei ligeiramente
5. Indiferente
4. Gostei ligeiramente
3. Gostei moderadamente
2. Gostei muito
1. Gostei muitíssimo

Número da amostra

Nota

Dentre as amostras de pão oferecidas, qual você compraria? Por quê?

Figura 3 – Ficha utilizada para o teste de preferência

2.4.10.1 Análise Descritiva Quantitativa (ADQ)

A análise sensorial foi realizada no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da ESALQ/USP. O teste sensorial utilizado foi a Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) com provadores selecionados e treinados segundo Stone (1992). Para a realização da ADQ o projeto também foi avaliado pelo Comitê de Ética em Pesquisa, na Faculdade de Odontologia de Piracicaba (UNICAMP / FOP) e foi aprovado por estar de acordo com a Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde.

Para aplicação da ADQ, várias etapas foram seguidas. Inicialmente foi realizado um recrutamento, no qual se faz o primeiro contato com os provadores através de uma ficha, obtendo informações e interesse, disponibilidade de tempo e afinidade pelo produto (Figura 4).

A ficha foi preenchida por 19 provadores, constituindo-se de alunos e funcionários do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da ESALQ/USP.

Os testes foram realizados em cabines individuais, com utilização de luz branca, longe de ruídos e odores, sempre após mais de uma hora de jejum dos provadores. Após o recrutamento, os provadores realizaram o teste de reconhecimento dos gostos básicos (Figura 5).

Para essa fase foram utilizadas soluções quimicamente puras dos gostos básicos: doce (2% sacarose), ácido (0,07% ácido cítrico), salgado (0,2% cloreto de sódio) e amargo (0,07% cafeína). Foram oferecidos 25 mL de cada solução aos provadores em copos plásticos descartáveis, codificados com números aleatórios de 3 algarismos.

FICHA DE RECRUTAMENTO

Estamos convidando você a participar do treinamento para Análise Sensorial de **Pão com Semente de Linhaça** pelo método da “Análise Descritiva Quantitativa, a qual deve identificar e quantificar seus diferentes atributos sensoriais. Para este treinamento será necessário 1 seção semanal de aproximadamente 15 minutos cada, durante um período de 2 meses, contamos com você para a formação desta equipe e provadores.

Identificação

Nome:

idade: 18-25 ()
 25-35 ()
 35-45 ()
 45-55 ()

E-mail:

Telefone para contato:

Horários disponíveis

	segunda	Terça	Quarta	Quinta	sexta
Manhã 8:00-10:00					
10:00-11:30					
Tarde 14:00-16:00					
16:00-17:30					

Fumante ___sim ___não

Toma frequentemente cafezinho ___ sim ___ não

Tem alergia ao glúten? ___sim ___ não

Figura 4 – Ficha de recrutamento de provador

FICHA DE IDENTIFICAÇÃO DOS GOSTOS BÁSICOS	
Nome: _____	Data _____
Por favor, prove as amostras, identificando os gostos básicos (ácido, amargo, doce e salgado). Enxágüe a boca após cada avaliação.	
AMOSTRA Nº	GOSTO
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

Figura 5 – Ficha para o teste de reconhecimento dos gostos básicos

Após a identificação dos gostos básicos, os provadores foram submetidos ao Teste Triangular (Figura 6). Esse teste foi aplicado 2 vezes, primeiramente para identificar a sensibilidade dos provadores para o gosto doce e depois para identificar a sensibilidade para o gosto salgado. Os provadores receberam 3 amostras codificadas, sendo 2 iguais e uma diferente, os provadores deveriam identificar a amostra diferente. Para o sabor doce, as concentrações de sacarose utilizada foram de 4% e 2%. Para o sabor salgado, as concentrações de cloreto de sódio utilizadas foram de 1,5g/L e 0,75g/L.

FICHA DO TESTE TRIANGULAR

Nome: _____ Data: _____

Você está recebendo três amostras codificadas. Duas amostras são iguais e uma é diferente. Por favor, prove da esquerda para a direita com intervalo de 20 segundos entre as amostras e indique a amostra diferente, fazendo um círculo ao redor do número. Lave a boca após provar cada amostra.

_____ _____ _____

Figura 6 – Ficha do teste triangular

Foram selecionados apenas os provadores que acertaram 100% em todos os testes realizados. Com isso, apenas 15 provadores continuaram a fase de treinamento, sendo 13 mulheres e 2 homens. Desses 15 provadores, 11 apresentaram faixa etária entre 18 e 25 anos; 2 provadores apresentaram faixa etária entre 25 e 35 anos; 1 provador apresentou faixa etária entre 35 e 45 anos e 1 provador apresentou faixa etária entre 45 e 55 anos.

A etapa seguinte constou do desenvolvimento de terminologia e treinamento. Inicialmente, os provadores avaliaram sensorialmente amostra de pão de forma tradicional e de pão de forma com sementes de linhaça, adquiridos em supermercados. O pão de forma tradicional utilizado foi o da marca Nutrella e o pão com semente de linhaça foi o da marca Omega Vitta com 3% de linhaça. O objetivo era que os provadores descrevessem as sensações percebidas em relação à aparência, aroma, sabor e textura na ficha de levantamento de atributos (Figura 7).

Após a etapa de levantamento de atributos, uma discussão em grupo foi realizada sob a supervisão de um líder, com o objetivo de agrupar os termos semelhantes que melhor descrevessem as amostras de pães. Nessa reunião também foi elaborada uma ficha de definição de cada termo descritivo desenvolvida pela equipe sensorial treinada (Figura 8). Essa ficha foi utilizada em conjunto com a ficha de avaliação, que contemplava as características sensoriais do produto avaliado (Figura 9). Para medir a intensidade de cada atributo foi utilizada uma escala não estruturada de 10 cm, variando de nada (nota 0) a muito (nota 10). Os provadores foram treinados utilizando os parâmetros definidos na reunião, em cabines individuais com luz branca e as amostras foram codificadas com três dígitos.

FICHA DE LEVANTAMENTO DE ATRIBUTOS	
Nome: _____	Data: _____
Por favor, avalie cada uma das amostras quanto à aparência, aroma, sabor e textura e desenvolva termos que melhor descrevem as amostras com relação a cada um desses atributos sensoriais.	
APARÊNCIA	
AROMA	
SABOR	
TEXTURA	

Figura 7 - Ficha de levantamento de atributos

(Continua)

Termo descritor (Atributo)	Definição	Referência
Aparência		
1. Cor da Casca	Refere-se à cor da casca dos pães de forma variando da cor clara a cor escura.	<ul style="list-style-type: none"> ●Claro: pão de forma tradicional ●Escuro: pão de forma integral
2. Cor do Miolo	Refere-se à cor do miolo (inclui as bordas) dos pães de forma variando da cor clara a escura.	<ul style="list-style-type: none"> ●Claro: pão de forma tradicional ●Escuro: pão de forma integral
3. Característico	Refere-se à aparência característica de pão de forma tradicional e pão de forma integral	<ul style="list-style-type: none"> ●Pouco: fatia de pão francês ●Muito: fatia de pão de forma
4. Uniforme	Refere-se à presença ou ausência de buracos	<ul style="list-style-type: none"> ●Pouco: pão de forma com buracos ●Muito: pão de forma tradicional
5. Formato Característico	Refere-se ao contorno das fatias dos pães.	<ul style="list-style-type: none"> ●Pouco: primeira fatia do pacote de pão de forma ●Muito: fatia de pão de forma
6. Tamanho Característico	Refere-se ao tamanho das fatias	<ul style="list-style-type: none"> ●Pouco: primeira fatia do pacote de pão de forma ●Muito: fatia de pão de forma
7. Concentração de Linhaça	Refere-se à presença e a dispersão as sementes de linhaça no miolo dos pães.	<ul style="list-style-type: none"> ●Pouco: pão 3% de linhaça ●Muito: pão 9 % de linhaça
Aroma		
8. Característico	Refere-se ao aroma próprio do pão.	<ul style="list-style-type: none"> ●Pouco: pão com gotas de ácido acético ●Muito: pão de forma
9. Intensidade	Refere-se à intensidade do aroma dos pães.	<ul style="list-style-type: none"> ●Fraco: pão de forma tradicional ●Forte: pão de forma integral
10. Adocicado	Refere-se ao aroma doce dos pães.	<ul style="list-style-type: none"> ●Pouco: pão de forma ●Muito: pão doce
11. Acentuado	Refere-se ao aroma específico de linhaça.	<ul style="list-style-type: none"> ●Pouco: semente de linhaça apresentada em béquer ●Muito: semente de linhaça triturada e aquecida em microondas durante 30 segundos em potência alta

Figura 8 - Termos descritores, definições e referências elaboradas pela equipe

(Conclusão)

Sabor		
12. Característico	Refere-se ao sabor próprio do pão de forma.	<ul style="list-style-type: none"> ● Pouco: pão de forma com adição de ácido cítrico (0,14%) ● Muito: pão de forma tradicional
13. Salgado	Refere-se ao sabor salgado do pão.	<ul style="list-style-type: none"> ● Pouco: pão de forma tradicional ● Muito: pão com adição de cloreto de sódio (0,2%)
14. Adocicado	Refere-se ao sabor doce do pão.	<ul style="list-style-type: none"> ● Pouco: pão de forma tradicional ● Muito: pão doce
15. Amargo	Refere-se ao sabor amargo do pão.	<ul style="list-style-type: none"> ● Pouco: pão de forma tradicional ● Muito: pão de forma com adição de cafeína
16. Suave	Refere-se ao sabor leve, fraco do pão.	<ul style="list-style-type: none"> ● Pouco: pão integral ● Muito: pão de forma tradicional
17. Sabor de gordura	Refere-se ao sabor de gordura conferido pela margarina e semente de linhaça.	<ul style="list-style-type: none"> ● Pouco: pão de forma tradicional ● Muito: pão de forma com adição de óleo de soja
Textura		
18. Macio	Refere-se à maciez do pão	<ul style="list-style-type: none"> ● Pouco: pão seco ● Muito: pão de leite
19. Crocante	Refere-se à crocância do pão conferida pela semente de linhaça.	<ul style="list-style-type: none"> ● Pouco: pão com 3% de linhaça ● Muito: torrada
20. Consistente	Refere-se à firmeza do pão. Quanto mais consistente mais duro e esfarelento é o pão.	<ul style="list-style-type: none"> ● Pouco: pão de leite ● Muito: pão seco

Figura 8 - Termos descritores, definições e referências elaboradas pela equipe

(Conclusão)

AROMA							
Característico	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; border-bottom: 1px solid black;"> </td> <td style="width: 60%; border-bottom: 1px solid black;"></td> <td style="width: 20%; border-bottom: 1px solid black;"> </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Pouco</td> <td></td> <td style="text-align: center;">Muito</td> </tr> </table>				Pouco		Muito
Pouco		Muito					
Intensidade	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; border-bottom: 1px solid black;"> </td> <td style="width: 60%; border-bottom: 1px solid black;"></td> <td style="width: 20%; border-bottom: 1px solid black;"> </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Fraco</td> <td></td> <td style="text-align: center;">Forte</td> </tr> </table>				Fraco		Forte
Fraco		Forte					
Adocicado	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; border-bottom: 1px solid black;"> </td> <td style="width: 60%; border-bottom: 1px solid black;"></td> <td style="width: 20%; border-bottom: 1px solid black;"> </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Pouco</td> <td></td> <td style="text-align: center;">Muito</td> </tr> </table>				Pouco		Muito
Pouco		Muito					
Acentuado	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; border-bottom: 1px solid black;"> </td> <td style="width: 60%; border-bottom: 1px solid black;"></td> <td style="width: 20%; border-bottom: 1px solid black;"> </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Pouco</td> <td></td> <td style="text-align: center;">Muito</td> </tr> </table>				Pouco		Muito
Pouco		Muito					
SABOR							
Característico	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; border-bottom: 1px solid black;"> </td> <td style="width: 60%; border-bottom: 1px solid black;"></td> <td style="width: 20%; border-bottom: 1px solid black;"> </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Pouco</td> <td></td> <td style="text-align: center;">Muito</td> </tr> </table>				Pouco		Muito
Pouco		Muito					
Salgado	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; border-bottom: 1px solid black;"> </td> <td style="width: 60%; border-bottom: 1px solid black;"></td> <td style="width: 20%; border-bottom: 1px solid black;"> </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Pouco</td> <td></td> <td style="text-align: center;">Muito</td> </tr> </table>				Pouco		Muito
Pouco		Muito					
Adocicado	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; border-bottom: 1px solid black;"> </td> <td style="width: 60%; border-bottom: 1px solid black;"></td> <td style="width: 20%; border-bottom: 1px solid black;"> </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Pouco</td> <td></td> <td style="text-align: center;">Muito</td> </tr> </table>				Pouco		Muito
Pouco		Muito					
Amargo	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; border-bottom: 1px solid black;"> </td> <td style="width: 60%; border-bottom: 1px solid black;"></td> <td style="width: 20%; border-bottom: 1px solid black;"> </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Pouco</td> <td></td> <td style="text-align: center;">Muito</td> </tr> </table>				Pouco		Muito
Pouco		Muito					
Suave	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; border-bottom: 1px solid black;"> </td> <td style="width: 60%; border-bottom: 1px solid black;"></td> <td style="width: 20%; border-bottom: 1px solid black;"> </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Pouco</td> <td></td> <td style="text-align: center;">Muito</td> </tr> </table>				Pouco		Muito
Pouco		Muito					
Sabor de Gordura	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; border-bottom: 1px solid black;"> </td> <td style="width: 60%; border-bottom: 1px solid black;"></td> <td style="width: 20%; border-bottom: 1px solid black;"> </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Pouco</td> <td></td> <td style="text-align: center;">Muito</td> </tr> </table>				Pouco		Muito
Pouco		Muito					
TEXTURA:							
Macio	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; border-bottom: 1px solid black;"> </td> <td style="width: 60%; border-bottom: 1px solid black;"></td> <td style="width: 20%; border-bottom: 1px solid black;"> </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Pouco</td> <td></td> <td style="text-align: center;">Muito</td> </tr> </table>				Pouco		Muito
Pouco		Muito					
Crocante	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; border-bottom: 1px solid black;"> </td> <td style="width: 60%; border-bottom: 1px solid black;"></td> <td style="width: 20%; border-bottom: 1px solid black;"> </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Pouco</td> <td></td> <td style="text-align: center;">Muito</td> </tr> </table>				Pouco		Muito
Pouco		Muito					
Consistente	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; border-bottom: 1px solid black;"> </td> <td style="width: 60%; border-bottom: 1px solid black;"></td> <td style="width: 20%; border-bottom: 1px solid black;"> </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Pouco</td> <td></td> <td style="text-align: center;">Muito</td> </tr> </table>				Pouco		Muito
Pouco		Muito					

Figura 9 - Ficha da análise descritiva quantitativa dos pães

Para a realização da ADQ final, os provadores realizaram a análise sensorial nos 3 dias seguintes após a elaboração dos pães com 0%, 3%, 6% e 9% de linhaça. Foram consideradas apenas as notas de 13 provadores para a análise estatística devido a 2 provadores terem desistido da análise na fase final. As amostras não foram rejeitadas em nenhum momento durante todo o experimento.

2.4.11 Rotulagem nutricional

Foi elaborado 1 rótulo nutricional para cada produto obtido baseando-se no valor diário de referência conforme Resolução-RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003. No rótulo está declarada a porção em gramas e a medida caseira correspondente. Foram declarados os nutrientes obrigatórios, segundo a legislação bem como nutrientes opcionais determinados em análises químicas desse estudo.

2.4.12 Análise estatística

O delineamento estatístico foi inteiramente ao acaso. Foi utilizado o software Statistical Analysis System (SAS, 1998). Foi realizada análise de variância pelo teste F e a comparação das médias das diferentes formulações de pães foi analisada segundo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) (PIMENTEL-GOMES, 1982). Os resultados da análise sensorial foram analisados pelo software Compusense Five release 3 (1998).

2.5 Resultados e discussão

2.5.1 Perfil de ácidos graxos

As porcentagens médias de área dos perfis dos ácidos graxos do pão de forma com adição de 3%, 6% e 9% de sementes de linhaça e do pão sem adição das sementes de linhaça estão ilustradas na Tabela 1.

Tabela 1 – Porcentagens médias de ácidos graxos identificados nos pães em base fresca com diferentes concentrações de linhaça

Concentração de Linhaça (%)	Ácido Láurico (12:0)	Ácido Mirístico (14:0)	Ácido Palmítico (16:0)	Ácido Palmitoléico (16:1)
0	1,12±0,29 ^{1a2}	2,69±0,67 ^a	22,18±3,42 ^a	0,85±0,04 ^a
3	0,54±0,08 ^c	1,70±0,26 ^c	18,44±1,54 ^c	0,65±0,11 ^d
6	0,73±0,38 ^b	2,07±0,79 ^b	19,24±2,89 ^b	0,71±0,03 ^c
9	0,48±0,17 ^c	1,62±0,64 ^d	16,35±2,42 ^d	0,79±0,13 ^b

Concentração de Linhaça (%)	Ácido Esteárico (18:0)	Ácido Oléico (18:1)	Ácido Linoléico (18:2)	Ácido Linolênico (18:3)
0	6,22±0,53 ^a	22,07±2,34 ^a	22,54±1,46 ^a	1,84 ±0,32 ^d
3	6,17±0,29 ^b	18,16±1,78 ^d	21,96±0,38 ^b	7,86 ±0,49 ^e
6	5,63±0,56 ^d	21,37±1,24 ^b	20,27±0,72 ^c	13,61±1,42 ^b
9	5,66±0,21 ^c	20,03±2,34 ^c	20,06±0,26 ^d	16,57±1,51 ^a

¹Médias ± desvio padrão

²Letras diferentes na vertical indicam diferença significativa entre os tratamentos no nível de 5%

De acordo com os dados apresentados na Tabela 1, todos os tratamentos diferiram entre si em relação aos ácidos graxos. A amostra controle apresentou maior teor para todos os ácidos graxos quantificados, com exceção do ácido linolênico. Em relação ao ácido linoléico (Omega 6), a amostra controle apresentou a maior quantidade de ácido linoléico porém também apresentou a menor quantidade de ácido linolênico (Omega 3). A relação encontrada entre ácido linoléico (Omega 6) e ácido linolênico (Omega 3) foi de aproximadamente 12:1 para a amostra controle; 3:1 para a amostra contendo 3% de linhaça; 1,5:1 para a amostra com 6% de linhaça e 1,2:1 para a amostra com 9% de linhaça. Quanto ao ácido linolênico, sua concentração aumentou significativamente conforme a adição de sementes de linhaça nos pães.

A Organização Mundial de saúde (World Health Organization-WHO), recomenda a razão de 5:1 – 10:1 respectivamente entre ácido linoléico (Omega 6) e ácido linolênico (Omega 3) na dieta (WHO, 1995). As amostras contendo 0% e 3% de semente de linhaça apresentaram razão entre Omega 6 e Omega 3 mais próximas as sugeridas pela WHO.

O perfil dos ácidos graxos quantificados na semente de linhaça foi de 0,27% de ácido mirístico; 9,24% de ácido palmítico; 0,15% ácido palmitoléico (cis); 0,14% de ácido heptadecanóico; 4,97% ácido esteárico e 22,68% de ácido oléico; 14,05% de ácido linoléico e 44,66% de ácido linolênico. Esses dados são semelhantes aos encontrados por Gómez (2003), que avaliou o perfil de ácidos graxos de óleo de linhaça obtido de sua farinha crua e sem armazenamento que encontrou 6,07% para ácido palmítico; 0,12% para o ácido palmitoléico; 5,19% para o ácido esteárico; 19,20 para o ácido oléico; 14% para o ácido linoléico e 54,47% para o ácido linolênico. No caso do ácido linolênico, Gómez (2003) encontrou resultado superior ao encontrada nesse estudo.

Dentre os ácidos graxos quantificados, o palmítico, o oléico e linoléico foram os maiores representantes nas 4 amostras de pães, em torno de 19,05%, 24,03% e 21,20% respectivamente. Essa composição contribuiu para a frágil estabilidade dos produtos e para a formação de compostos indesejáveis.

Gómez (2003) realizou estudo de estabilidade com sementes de linhaça por um período de 46 dias utilizando como controle uma amostra com 0 (zero) dia de estocagem. Entre as amostras, a que apresentou maior redução do ácido linoléico acompanhada de aumento dos ácidos palmítico, esteárico e em maior quantidade o oléico, foi a farinha de linhaça crua e estocada a temperatura ambiente. Já a amostra cozida e armazenada a temperatura de refrigeração, apresentou a menor diminuição do ácido graxo. Para Chen, Ratnayake e Cunnane (1994), que examinaram a estabilidade da linhaça inteira e moída submetida a aquecimento a 178°C por 1,5 hora, o ácido linoléico apresentou uma diminuição de 55,1 a 51,3% na linhaça moída, mas não houve mudança na semente inteira. As sementes inteiras de linhaça foram adicionadas às massas dos pães e o tempo de forneamento foi de 30 minutos a 180°C. Essa condição (cocção) poderia ter reduzido a oxidação lipídica das sementes, como mostrou o estudo de Chen, Ratnayake e Cunnane (1994), porém nessa pesquisa não foi realizado acompanhamento da estabilidade lipídica dessas sementes.

Portanto, os lípides contendo ácidos graxos polinsaturados são particularmente propensos ao ataque de radicais livres e à deterioração oxidativa (PAPAS, 1999). A oxidação de lípidos induz a outras mudanças nos alimentos que afetam sua qualidade nutricional, segurança, cor, flavor e textura (SHAHIDI; WANASUNDARA, 1992). Este aspecto é de grande importância, não somente sob a viabilidade econômica, através de perdas devido à diminuição da vida de prateleira, mas também pela possibilidade dos radicais livres formados reagirem ou interagirem com outros constituintes dos alimentos diminuindo a qualidade nutricional dos mesmos (NAWAR, 1996). Os antioxidantes são substâncias que controlam essa oxidação lipídica. Os tocoferóis possuem forte atividade antioxidante, sua presença na semente de linhaça, especialmente γ -tocoferol, colabora com a atividade antioxidante desta semente (OOMAH; KENASCHUK; MAZZA, 1997). Shukla, Wanasundara e Shahidi (1997) separaram o extrato etanólico da linhaça através de cromatografia em camada delgada e indicaram que os lignanos da linhaça também estariam envolvidos nesta atividade antioxidante (AMAROWICZ et al., 1993).

Considerando que o pão de forma seja armazenado em sacos de polipropileno, em temperatura ambiente e sem aplicação de nenhum tipo de antioxidante sintético, sugere-se que a vida de prateleira seja de aproximadamente 1 semana, não se levando em consideração alterações subjetivas visuais nos produtos. No entanto, segundo White (1995) a estabilidade dos cereais secos é afetada por quatro principais formas de deterioração: ganho de umidade, processo oxidativo, perda de vitaminas e danos mecânicos.

De acordo com a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (UNICAMP, 2006) a composição de ácidos graxos em 100 g pão de forma tradicional é: Tr para o ácido mirístico; 0,39 g para o ácido palmítico; 0,01 g para o ácido palmitoléico; 0,08g para o ácido esteárico; 0,56 g para o ácido oléico; 0,69 g para o ácido linoléico e 0,04g para o ácido linolênico. A composição de ácidos graxos em 100 g de sementes de linhaça é: 0,03 g para o ácido mirístico; 2,49 g para o ácido palmítico; 0,03g para o ácido palmitoléico; 1,62 g para o ácido esteárico; 7,06 g para o ácido oléico; 5,42 g para o ácido linoléico e 19,81g para o ácido linolênico. A composição de ácidos graxos determinada nesse estudo nos pães de forma e nas sementes de linhaça estão coerentes com os dados apresentados (UNICAMP, 2006).

2.5.2 Composição centesimal

Os resultados da composição centesimal encontrados para os pães de forma com e sem a adição de sementes de linhaça, estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Composição centesimal média dos pães em base fresca, com diferentes concentrações de linhaça

Concentração de linhaça (%)	Umidade Total (%)	Cinzas (%)	Proteína (%)	Lipídios (%)	Fibra Insolúvel (%)	Fibra Solúvel (%)	Carboidratos (%)
0	18,64±0,05 ^{1a2}	2,29±0,04 ^c	9,65±0,21 ^{bc}	3,34±0,20 ^c	0,49±0,08 ^d	0,40±0,14 ^d	65,17 ^b
3	18,18±0,28 ^a	2,34±0,04 ^{cb}	9,42±0,42 ^c	2,71±0,45 ^c	1,15±0,07 ^c	0,66±0,11 ^a	65,52 ^a
6	15,93±0,22 ^b	2,41±0,01 ^{ab}	10,28±0,30 ^{ab}	4,36±0,23 ^b	1,32±0,26 ^b	0,62±0,23 ^b	65,08 ^c
9	14,61±0,14 ^c	2,45±0,01 ^a	10,60±0,17 ^a	5,44±0,38 ^a	2,30±0,03 ^a	0,54±0,08 ^c	64,05 ^d

¹Médias ± desvio padrão

²Letras diferentes na vertical indicam diferença significativa entre os tratamentos no nível de 5%

A composição centesimal média da semente de linhaça foi determinada, encontrando-se os seguintes valores: 6,91% de umidade total; 3,86% de cinzas; 18,21% de proteína; 31,01% de lipídios; 20,91% de fibra insolúvel; 0,66% de fibra solúvel e 18,44% de carboidratos.

Os dados da Tabela 2 mostram que a amostra controle e a contendo 3% de linhaça apresentaram os maiores valores para umidade total. Em relação às cinzas, proteína, lipídios e fibras insolúveis os maiores valores foram encontrados na amostra com 9% de linhaça. Já para a fibra solúvel e carboidratos os maiores valores foram encontrados na amostra contendo 3% de linhaça. As amostras contendo 3% e 9% de linhaça apresentaram relação inversamente proporcional em relação à fibra insolúvel e solúvel respectivamente. Em relação aos carboidratos, as 4 amostras apresentaram diferença estatística, sendo que a amostra com 3% de linhaça apresentou maior teor e amostra contendo 9% apresentou o menor teor, no entanto as 4 amostras apresentaram grande equilíbrio numérico em relação a porcentagem dos carboidratos.

A Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (UNICAMP, 2006) determina para cada 100 g de pão forma tradicional 40,7% de umidade; 253 kcal; 12 g de proteína; 2,7 g de lipídios 44,1 g de carboidratos; 2,5 g de fibra alimentar e 0,5 g de cinzas. Esses resultados estão próximos aos encontrados na amostra 1 controle, com exceção da umidade e carboidratos. Deve-se levar em consideração que os ingredientes e o processo de elaboração dos pães podem variar e assim explicar as diferenças encontradas.

Em relação à composição centesimal das sementes de linhaça, observou-se que a fração lipídica é o componente de maior porcentagem nesta semente oleaginosa que, segundo Wanasundara, Shahidi e Shukla (1997), é a maior fonte energética para a sobrevivência do material genético da semente. Gómez (2003) encontrou para a composição de semente de linhaça 7,28% de umidade; 39,40% de lipídios; 15,32% para proteína; 3,21% para cinzas e 34,80% de Nifext (somatório de carboidratos e fibra alimentar). Hands (1996) encontrou 6,3% de umidade, 4,5% de cinzas, 18% de proteínas, 34% de lipídios e 37,2% de Nifext. Esses dados estão bem próximos aos encontrados no presente estudo.

Já, Bennett (1998), menciona que a maioria das variedades de linhaça contém em média 41% de lípidos, 26% de proteína, 4% de cinza, 29% de Nifext. O autor indica que esta semente apresenta também vários minerais, especialmente potássio, cálcio, magnésio e zinco, além de açúcares como a glicose. Deve ser considerado que, as quantidades dos diferentes componentes da linhaça dependem de fatores como, a variedade, condições de crescimento e processamento da semente, métodos analíticos usados para avaliar a composição da semente, entre outros.

As fibras alimentares respondem por cerca de 28% do peso seco de linhaça. Relatórios sobre as proporções de fibras solúveis e insolúveis na linhaça variam entre 20:80 e 40:60, isto representa que a fração insolúvel seria superior à fração solúvel cerca de 1,5 a 4 vezes (GAZZONI, 2004 *apud* POSSAMAI, 2005). No presente estudo encontrou-se em 100 gramas de sementes de linhaça em base fresca 21,57 g de fibra alimentar (0,66 g de solúvel e 20,91 g de insolúvel), no entanto a relação fibra solúvel e insolúvel encontrada está muito abaixo da citada pelo autor. Aproximadamente, a fração insolúvel é 31 vezes superior à fração solúvel. Essa faixa depende do método usado na análise química e extração de resina. A fração de fibra mais importante consiste de amidos resistentes, como a celulose e polímeros complexos como a lignina (GAZZONI, 2004 *apud* POSSAMAI, 2005).

Em relação à rotulagem, a Portaria n 27, de 13 de Janeiro de 1998 - Regulamento Técnico referente à Informação Nutricional Complementar (BRASIL, 1998) preconiza quanto ao conteúdo de fibra alimentar que o produto pronto para o consumo pode ser considerado “FONTE DE FIBRA ALIMENTAR” contendo no mínimo 3 g de fibras/100g e pode ser considerado “ALTO TEOR DE FIBRA ALIMENTAR” contendo no mínimo 6g de fibras/100g. O pão de

forma com adição de 9% de sementes de linhaça contém 2,84 g de fibra/100g de produto pronto para o consumo. Apesar de estar muito próximo à recomendação, não pode ser considerado “FONTE DE FIBRA ALIMENTAR”. Em base seca, o pão com 9% de linhaça apresentou 3,19 g de fibra/100 g.

2.5.3 Valor Calórico

O valor calórico médio de cada um dos pães foi determinado por 100g de produto bem como por porção, como indica a Tabela 3.

Tabela 3 - Valor calórico médio por 100 g de produto obtido em base fresca, com diferentes concentrações de linhaça

Concentração de linhaça (%)	Valor calórico por 100g de alimento	Valor calórico por porção/medida caseira
0	329,43 ^{1c}	82,35 ^c /1 fatia de 25 gramas
3	324,15 ^d	81,03 ^d /1 fatia de 25 gramas
6	340,68 ^b	85,17 ^b /1 fatia de 25 gramas
9	347,65 ^a	86,91 ^a /1 fatia de 25 gramas

¹Letras diferentes na vertical indicam diferença significativa entre os tratamentos no nível de 5%

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 3 observa-se que a amostra contendo 9% de linhaça apresentou o maior valor calórico por 100g de alimento e por porção. O aumento do valor calórico dos pães é proporcional à adição de sementes de linhaça, que é rica na fração lipídica. Esses resultados referentes ao valor calórico por porção do alimento estão próximos ao valor calórico de pães disponíveis no mercado. De acordo com a informação nutricional apresentada no rótulo, o pão de forma tradicional da marca Nutrella apresenta 71,42 kcal por porção de 25 g; já o pão enriquecido com grãos da Wickbold possui 66,5 kcal por fatia de 25 g (dos grãos que compõem os ingredientes desse produto, 3% são de semente de linhaça); o pão Omega Vitta da Nutrella apresenta 72,5 kcal por fatia de 25 g e contém na sua formulação 1% de farinha de linhaça e 1 % de semente de linhaça além de óleo marinho.

O valor calórico da semente de linhaça é de 425,81 kcal em 100 g do produto e 63,87 kcal por porção de 15 g (1 colher de sopa). A semente de linhaça da marca Mãe Terra apresenta em seu rótulo 75 kcal por porção de 15g e a semente de linhaça da marca Mais Vita apresenta 60 kcal por porção, essas informações estão coerentes com os dados encontrados.

2.5.4 Minerais

O teor médio dos minerais quantificados nos pães é apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 – Teor médio de minerais (mg/g) quantificados nas amostras de pães em base fresca, com diferentes concentrações de linhaça

	0%	3%	6%	9%
Fósforo	1,44±0,02 ^{1b2}	1,53±0,04 ^b	1,76±0,04 ^a	1,82±0,04 ^a
Potássio	2,49±0,25 ^a	2,70±0,33 ^a	2,85±0,34 ^a	3,17±0,26 ^a
Cálcio	1,00±0,06 ^a	0,88±0,02 ^a	1,05±0,13 ^a	0,98±0,09 ^a
Magnésio	0,34±0,00 ^c	0,43±0,00 ^{bc}	0,47±0,05 ^b	0,57±0,05 ^a
Enxofre	0,88±0,00 ^{ab}	0,87±0,03 ^b	0,96±0,04 ^a	0,93±0,02 ^{ab}
Sódio	8,60±0,38 ^a	8,26±0,12 ^a	8,25±0,13 ^a	8,89±0,74 ^a
Ferro	0,04±0,00 ^a	0,09±0,03 ^a	0,11±0,12 ^a	0,05±0,01 ^a
Manganês	0,01±0,00 ^a	0,01±0,00 ^a	0,01±0,00 ^a	0,01±0,00 ^a
Zinco	0,01±0,00 ^a	0,01±0,00 ^a	0,01±0,00 ^a	0,01±0,00 ^a

¹Médias ± desvio padrão

²Letras diferentes na horizontal indicam diferença significativa entre os tratamentos no nível de 5%

Os dados apresentados na Tabela 4 revelam que as amostras contendo 6% e 9% de linhaça apresentaram os maiores teores para o mineral fósforo. Para o mineral magnésio, a amostra com 9% de linhaça apresentou o maior teor desse mineral. A amostra contendo 6% de linhaça apresentou o maior teor de enxofre. Os minerais potássio, cálcio, sódio, ferro, manganês e zinco não apresentaram diferença estatística entre as 4 amostras. De acordo com a Tabela de Composição de Alimentos (UNICAMP, 2006) a composição de minerais em 100 g de pão de forma é de: 156 mg de cálcio, 24 mg de magnésio, 0,51 de manganês, 105 mg de fósforo, 5,7 mg de ferro, 22 mg de sódio, 65 mg de potássio, 0,06 mg de cobre e 1,3 mg de zinco. Esses dados são semelhantes aos encontrados (Tabela 4), com exceção do mineral sódio, do potássio e do manganês que apresentaram teores muito superiores aos apresentados pela Tabela de Composição de Alimentos, essa diferença talvez possa ser explicada em virtude dos diferentes ingredientes empregados na formulação dos pães.

Também foram quantificados os minerais na semente de linhaça, encontrando-se os seguintes valores em 100 g: 579 mg de fósforo; 909 mg de potássio; 267 mg de cálcio; 349 mg magnésio; 1,56 mg/g de enxofre; 245 mg de sódio; 1 mg de cobre; 7 mg de ferro; 3 mg de manganês; 5mg de zinco. De acordo com a Tabela de Composição de Alimentos (UNICAMP, 2006) a composição de minerais em 100 g de semente de linhaça é de: 211 mg de cálcio, 347 mg de magnésio, 2,81mg de manganês, 615 mg de fósforo, 4,7 mg de ferro, 9 mg de sódio, 869 mg de potássio, 1,09 mg de cobre e 4,4 mg de zinco. Esses dados são semelhantes aos encontrados nesse estudo, com exceção do mineral sódio que apresentou teor muito superior ao que foi apresentado pela Tabela de Composição de Alimentos. Dentre os minerais quantificados na semente de linhaça, o potássio e o fósforo merecem especial destaque. A banana nanica possui 376 mg potássio/100g contra 944 mg de potássio /100g da semente de linhaça, ou seja, a semente de linhaça possui cerca de 2,5 vezes mais potássio. A sardinha crua possui 294 mg de fósforo/100g contra 601 mg de fósforo/ g da semente de linhaça, o que indica que a semente de linhaça tem aproximadamente o dobro de fósforo que a sardinha (UNICAMP, 2006).

2.5.5 Antinutricionais

Os teores de fitatos, taninos e compostos fenólicos totais determinados nos pães com linhaça e no pão sem semente de linhaça estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Teor médio de fitatos, taninos e fenólicos totais determinados nos pães em base fresca, com diferentes concentrações de linhaça

Concentração de linhaça (%)	Fitatos mg/g	Taninos mg/g	Fenólicos Totais mg/g
0	1,85±0,04 ^{1d2}	0,957±0,00 ^c	18,86±0,07 ^d
3	2,50±0,11 ^c	0,954±0,00 ^d	22,53±0,2 ^c
6	2,91±0,08 ^b	0,984±0,00 ^b	24,55±0,33 ^b
9	3,78±0,24 ^a	1,01±0,00 ^a	27,20±0,16 ^a

¹Médias ± desvio padrão

²Letras diferentes na vertical indicam diferença significativa entre os tratamentos no nível de 5%

De acordo com os dados apresentados na Tabela 5, o maior teor de fitatos foi encontrado na amostra contendo 9% de linhaça e o menor teor na amostra controle. Observa-se que o teor de fitato presente nas amostras aumentou de acordo com a adição de sementes de linhaça.

O ácido fítico está presente em muitas sementes como principal fonte de fosfato (HAYAKAWA; TOMA; IGAUE, 1989). Os cereais e oleaginosas contêm cerca de 1 a 3% de ácido fítico (REDDY; SATHE; SALUNKHE, 1982). Recentemente, Paik et al. (2004) criaram um banco de dados de alimentos que contêm fitatos, sendo que o grupo de cereais apresentou variação de 1,91 a 9,73 mg/g. O teor de fitato encontrado nesse estudo está dentro da faixa encontrada por Paik et al. (2004). Portanto, observa-se que muitos alimentos de origem vegetal contêm elevado teor de fitato e em consequência podem diminuir a biodisponibilidade de minerais essenciais. Uma alternativa para reduzir o teor de ácido fítico seria o tratamento térmico ou adicionar fitases exógenas ou fitases endógenas ativadas. A hidratação de grãos de cereais, usualmente utilizada antes do processamento, pode ativar as fitases nativas, que degradam o fitato em produtos menores (AGTE; JOSHI, 1997). O fitato também é descrito na literatura como um antioxidante com papel benéfico na inibição de oxidação lipídica (LEE; HENDRICKS, 1997), nos processos crônicos como doenças cardiovasculares e câncer (CORREA, 1995) e outras finalidades nas áreas de farmácia, biomedicina, química e odontologia (OATWAY; VASANTHAN; HELM, 2001).

O teor de ácido fítico encontrado na semente de linhaça foi de 13,60 mg/g em base fresca. Alguns autores que estudaram presença de ácido fítico em feijões, encontraram valores próximos aos relatados nesse estudo com sementes de linhaça. A quantidade de ácido fítico encontrada por Martini (2002) foi de 10,66 mg/g em base seca. Guzmán-Maldonado, Acosta-Galego e Paredes-López (2000), verificaram para o feijão cozido, variação entre 7,3 a 10,8 mg/g de ácido fítico para os feijões comuns. Os dados também revelaram que o teor de fitato nas 4 amostras foi inferior ao da semente de linhaça crua (13,60 mg/g), isto é explicado pelo fato do processamento térmico a que foi submetido os pães (fornejamento) ter sido eficiente para reduzir essa substância.

Quanto aos taninos, as amostras com 6% e 9% de linhaça foram as que apresentaram maior teor desse elemento. Dentre os três compostos pesquisados, os taninos apresentaram os menores teores. Na semente de linhaça encontrou-se 1,07 mg/g de taninos, o que indica ligeiro aumento em relação às amostras de pão.

Os taninos formam complexos com as proteínas, tornando-as insolúveis e inativando enzimas. Além disso, se ligam a outras macromoléculas como o amido, causando a redução no valor nutricional dos alimentos (CHUNG et al., 1998; GUZMÁN-MALDONADO; ACOSTA-GALEGO; PAREDES-LÓPEZ, 2000). São atribuídos aos taninos outros efeitos prejudiciais à dieta, como cor indesejável aos alimentos, devido às reações de escurecimento enzimático e diminuição da sua palatabilidade, devido à adstringência. Liener (1994) atribui aos taninos outros efeitos antinutricionais, como danos à mucosa intestinal e interferência na absorção de ferro, glicose e vitamina B₁₂. No entanto, outros estudos (GEHM et al., 1997; JANG et al., 1997) observaram que os polifenóis (principalmente os flavonóides) das uvas vermelho-roxas escuras, apresentam a capacidade de prevenir o risco de doenças cardiovasculares. Além disso, os taninos se apresentam importantes em alguns setores da indústria, como na produção de cerveja, em que contribuem para a estabilização do produto por meio da redução da sua concentração protéica (REINOLD, 1997; LELIS; GONÇALVES, 2001).

Em relação aos fenólicos totais, a amostra com 9% de linhaça apresentou o maior teor e a amostra controle apresentou o menor teor. Observou-se que o teor de fenólicos totais presentes nas amostras aumentaram de acordo com a adição de sementes de linhaça. Dentre os três compostos pesquisados, os fenólicos apresentaram os maiores teores.

Velioglus et al. (1998) determinaram fenólicos totais em sementes de linhaça e encontraram 5,09 mg/g dessa substância. Os valores encontrados nesse estudo estão em desacordo com a literatura, sendo superiores.

Os compostos fenólicos são comumente encontrados em plantas comestíveis e não-comestíveis e têm múltiplos efeitos biológicos, incluindo atividade antioxidante. Em sementes oleaginosas, os compostos fenólicos ocorrem como derivados hidroxilados dos ácidos benzóico e cinâmico, cumarinas, flavonóides e lignanos (OOMAH; KENASCHUK; MAZZA, 1995).

A linhaça está sendo estudada por seus efeitos benéficos na saúde e é considerada um nutracêutico, pelo fato de ser uma fonte natural de fitoquímicos. A demonstração da atividade clínica associada com o consumo de linhaça tem estimulado interesse no estudo desta semente (CARAGAY, 1992).

Os compostos fenólicos, incluindo flavonóides, ácido tânico e ácido elágico são encontrados em plantas e apresentam elevada atividade antioxidante em diversos sistemas biológicos (RAMANATHAN; DAS, 1993). Além disso, os compostos fenólicos de plantas

podem reter ou retardar o início da oxidação lipídica, influenciando tanto na decomposição de hidroperóxidos nos alimentos, como também, em tecidos animais (WETTASINGHE; SHAHIDI, 1999). Amarowicz et al. (1993) relataram que os extratos de várias sementes oleaginosas possuem propriedade antioxidante, as quais, em alguns casos exercem melhor efeito antioxidante que o observado pelos antioxidantes sintéticos nas mesmas concentrações.

2.5.6 Digestibilidade de proteína *in vitro*

A determinação da digestibilidade de proteína *in vitro* é um dos fatores a ser levado em consideração na qualidade da proteína. A digestibilidade protéica *in vitro* das amostras de pão de forma com adição de sementes de linhaça nas concentrações 3%, 6% e 9% bem como sem adição de sementes de linhaça. Esses resultados estão expressos na Tabela 6.

Tabela 6 – Digestibilidade média da proteína *in vitro* dos pães em base fresca, com diferentes concentrações de linhaça

Concentração de linhaça (%)	Digestibilidade de proteína (%)
0	73,46±0,59 ^{1c2}
3	77,65±0,23 ^b
6	77,28±0,31 ^b
9	80,08±0,82 ^a

¹Médias± desvio padrão

²Letras diferentes na vertical indicam diferença significativa entre os tratamentos no nível de 5%

Pode-se observar que a amostra contendo 9% de linhaça apresentou melhor digestibilidade protéica e a amostra controle foi a que apresentou menor porcentagem de digestibilidade, as amostras contendo 3% e 6% de linhaça não diferiram entre si.

A semente de linhaça apresentou digestibilidade protéica de 87,11%, valor próximo ao apresentado pela amostra com 9% de linhaça.

Berno et al. (2007) avaliaram a digestibilidade protéica de pães enriquecidos com diferentes concentrações (0, 5, 10 e 15%) de *whey protein* e encontraram a menor digestibilidade para a amostra padrão e as amostras caracterizadas pela adição de *whey protein* em sua formulação apresentaram-se com digestibilidade superior a 93%.

Esse comportamento também se repetiu (Tabela 6), ou seja, a amostra padrão apresentou menor digestibilidade e as amostras que receberam adição de sementes na sua formulação aumentaram a porcentagem de digestibilidade, apesar de não ultrapassar os 80% encontrado na amostra com 9% de linhaça. Carvalho et al. (2002), constataram que o tratamento térmico promove a melhora da digestibilidade da proteína, pela abertura da estrutura da proteína através da sua desnaturação. No entanto, o tratamento térmico deve ser aplicado com critério, pois segundo Nunes e Baptista (2001), o tratamento térmico excessivo pode causar decréscimo na digestibilidade da proteína pela formação de ligações cruzadas.

2.5.7 Qualidade dos pães

A qualidade dos pães de forma foi avaliada através do peso da massa crua, peso da massa assada e perdas durante a cocção. Também foi utilizado o índice de conversão. Os resultados estão expressos na Tabela 7.

Tabela 7 – Avaliação média da qualidade dos pães, com diferentes concentrações de linhaça

Concentração de linhaça (%)	Peso Total da Massa Crua (Kg)	Peso total da Massa Assada (Kg)	Perda de peso na Cocção (g)	Índice de Conversão
0	7,899±1,89 ^{1a2}	6,965±1,66 ^a	934	0,88
3	7,800±1,92 ^b	6,905±1,71 ^b	895	0,88
6	7,800±1,92 ^b	6,772±1,65 ^d	1028	0,86
9	7,800±1,92 ^b	6,886±1,70 ^c	914	0,88

¹Médias± desvio padrão

²Letras diferentes na vertical indicam diferença significativa entre os tratamentos no nível de 5%

Os dados apresentados na Tabela 7 referem-se ao peso total da massa crua e da massa assada obtido através da somatória das 3 elaborações dos pães. As perdas durante a cocção variaram entre 914 g a 1028 g, sendo que a amostra com 6% de linhaça apresentou a maior perda durante a cocção. A fim de evitar discrepância nos pesos, procurou-se padronizar em 600 g o peso da massa crua colocada em cada forma. Na primeira elaboração, foram assadas 8 formas (2 de cada tratamento) para obtenção de amostras para as análises químicas.

Na segunda elaboração, foram assadas 32 formas (8 formas para cada tratamento), quantidade necessária para a realização do teste de aceitabilidade que contemplou 116 provadores

e para as análises físicas. Na terceira elaboração, foram assadas 12 formas (3 formas para cada tratamento) para serem oferecidas aos 13 provadores que participaram da Análise Descritiva Quantitativa (ADQ), realizada com 3 repetições.

Para cada forma contendo 600 g de massa crua, as perdas durante a cocção foram de 70,94 g para a amostra controle; 68,84 g para a amostra com 3% de linhaça; 79,07 g para a amostra com 6% de linhaça e 70,30 g para a amostra com 9% de linhaça. A amostra com 6% de linhaça apresentou maior perda durante a cocção por forma, coincidindo com os dados apresentados na Tabela 7. A perda durante a cocção deve-se à evaporação de líquidos, especialmente água. Quanto ao índice de conversão não houve diferença estatística entre as amostras.

2.5.8 Textura

De acordo com Esteller, Amaral e Lannes (2004), a dureza ou firmeza dos pães está relacionada com a força aplicada para ocasionar deformação ou rompimento da amostra, avaliada por texturômetros mecânicos e correlacionada com a mordida humana durante a ingestão dos alimentos. A força máxima avaliada para produtos panificados é dependente da formulação (qualidade da farinha, quantidade de açúcares, gorduras, emulsificantes, enzimas e mesmo a adição de glúten e melhoradores de farinha), umidade da massa e conservação (tempo de fabricação do produto e embalagem). Os resultados da avaliação da textura estão expressos na Tabela 8 em libras força por grama.

Tabela 8 – Avaliação média da textura dos pães com diferentes concentrações de linhaça, expressas em lbf/g

Concentração de linhaça (%)	Textura lbf/g
0	3,68±0,09 ^{1c2}
3	5,24±0,12 ^a
6	4,53±0,25 ^b
9	5,50±0,11 ^a

¹Médias ± desvio padrão

²Letras diferentes na vertical indicam diferença significativa entre os tratamentos no nível de 5%

Os dados apresentados na Tabela 8 mostram que a adição de sementes de linhaça interferiu na dureza dos produtos testados. Todas as amostras que receberam adição de sementes de linhaça apresentaram maior medida de textura. A amostra com 3% de linhaça apresentou aumento de textura de 42,39% em relação ao controle. A amostra com 6% de linhaça apresentou um aumento de 23% em relação ao controle e a amostra contendo 9% de linhaça apresentou um aumento de 49,45% em relação a textura do controle. Porém, isso não tornou os produtos rígidos. As sementes de linhaça conferiram característica de crocância às amostras. A amostra controle foi a que apresentou menor força para deformação.

Cabe ressaltar que a análise de textura foi efetuada nos pães logo após assamento e ainda não submetidos a um processo de retrogradação intenso, resultado de um armazenamento prolongado, em temperatura normal de estocagem.

Esteller e Lannes (2005) que avaliaram a textura de alguns tipos de pães e torradas mais consumidos no mercado brasileiro, utilizando o texturômetro TA.XT2 (Stable Micro Systems, UK) . Para pães, foram utilizados os parâmetros: probe cilíndrico 25 mm perspex P/25P, força de dupla compressão *test speed* 2,0 mm/s, *trigger force* 10 g, *type auto*, *post-test speed* 10 mm/s, *distance* 6,2 mm, *force* 10 g, *acquisition* 200 pps. Para torradas, probe *knife blade HDP/BS*, *test speed* 2,0 mm/s, *trigger force* 10 g, *type auto*, *post-test speed* 5 mm/s, *distance* 6,0 mm, *acquisition* 200 pps. Esses autores encontraram para a firmeza os seguintes resultados: 0,72 N para o pão francês; 1,56 N para o pão de forma; 1,44 N para o *dog hambúrguer*; 7,42 N para o pão italiano; 1,36 N para a ciabatta e 2,49 N para o pão de queijo.

De modo geral, o pão de forma bem como outros tipos de pães como *dog-hamburger* e ciabatta (crosta removida) apontam baixos valores de firmeza (o que indica maior maciez). O pão italiano, no outro extremo, apresenta-se como uma massa firme que necessita de maior salivação e mastigação característica para este tipo de pão, sendo apreciado por muitos justamente pela sensação de saciedade. O pão de queijo, cuja estrutura alveolar é formada pela expansão e evaporação dos líquidos presentes na massa, apresenta firmeza intermediária e massa menos elástica característica de gel formado pela gelatinização do polvilho e interação com proteínas (ESTELLER; LANNES, 2005).

2.5.9 Volume

O volume (mL) e o volume específico (mL/g) dos pães com e sem adição de sementes de linhaça são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 – Avaliação média do volume/deslocamento e do volume específico dos pães, com diferentes concentrações de linhaça

Concentração de linhaça (%)	Volume/Deslocamento mL	Volume Especifico mL/g
0	13,00±2,00 ^{1a2}	5,78±1,34 ^{2b3}
3	10,33±2,51 ^a	4,85±0,89 ^c
6	11,00±1,73 ^a	6,21±0,64 ^a
9	10,33±1,15 ^a	4,86±1,00 ^c

¹Médias ± desvio padrão

²Letras diferentes na vertical indicam diferença significativa entre os tratamentos no nível de 5%

Os dados apresentados na Tabela 9 indicam que não houve diferença estatística entre as amostras para o volume/deslocamento. Quanto ao volume específico a amostra com 6% de linhaça apresentou o maior valor, seguida da amostra controle. As amostra com 3% e 9% apresentaram os menores valores, não diferindo estatisticamente entre si.

Nabeshima et al. (2005) verificaram os efeitos da adição de três diferentes fontes de ferro nas propriedades físicas de pão de forma enriquecido com esses compostos e encontraram para o volume específico valores de 3,54 a 3,03 cm³/g. Esteller e Lannes (2005) encontraram elevado volume específico (mL/g) para vários tipos de pães, sendo: 4,63 para pão francês; 4,10 para pão de forma; 5,99 para *dog-hamburger* e 4,54 para ciabatta. Massas com volume específico baixo (embatumadas) apresentam aspecto desagradável ao consumidor, associadas com alto teor de umidade, falhas no batimento e cocção, pouca aeração, difícil mastigação, sabor impróprio e baixa conservação. O volume específico encontrado nas amostras desse estudo é semelhante aos citados por esses autores, o que confere a esses pães boa aeração e maciez.

Observou-se que a amostra com 3% de linhaça apresentou perda de volume de 16,1% em relação ao controle e a amostra com 9% de linhaça apresentou perda de volume de 15,92% em relação ao controle. Apenas a amostra com 6% de linhaça apresentou aumento de volume em comparação às demais amostras, que foi de 7,43% em relação ao controle; 21,9% em relação a amostra com 3% de linhaça e 21,7% em relação a amostra com 9% de linhaça. Pode-se observar que adição das sementes de linhaça provocou certo comprometimento do volume das amostras

com 3% e 9% de linhaça, isso poderia ser explicado pela perda da força e resistência da massa, aumento relativo da umidade das amostras e elevação do teor de fibras. A amostra com adição de 6% de sementes de linhaça foi a que obteve melhor crescimento.

A perda significativa de volume do pão elaborado com 9% de adição de sementes de linhaça sugere, a princípio, a concentração média ideal a ser utilizada para a elaboração e boa aceitação das amostras.

Ferreira (2002) estabeleceu classificação de acordo com o volume específico do pão de forma. De acordo com esse autor, o volume específico entre 4,5 a 5,5 seria classificado como “Bom” e volume específico entre 5,5 a 6,5 seria classificado como “Muito bom”. Nesse estudo, o volume específico das amostras variou de 4,85 a 6,21 mL/g. De acordo com os parâmetros estabelecidos por Ferreira (2002), a amostra controle e a amostra com 6% de linhaça foram classificadas com volume específico “muito bom” e as amostras 3% e 9% de linhaça foram classificadas com volume específico “Bom”.

2.5.10 Cor

A medida de cor expressa pelo Croma (a^2+b^2)^{0,5} dos pães de forma em base fresca é apresentada na Tabela 10.

Tabela 10 – Medida média da cor da casca e do miolo dos pães com diferentes concentrações de linhaça, expressas pelo Croma (C)

Concentração de linhaça (%)	Croma da casca dos pães	Croma do miolo dos pães
0	35,93±2,67 ^{1a2}	14,57±0,65 ^{ab}
3	16,85±3,38 ^c	13,70±0,62 ^b
6	21,16±4,35 ^b	12,32±0,65 ^c
9	36,97±1,83 ^a	14,76±1,03 ^a

¹Médias ± desvio padrão

²Letras diferentes na vertical indicam diferença significativa entre os tratamentos no nível de 5%

A temperatura de assamento para a maioria dos pães oscila entre 190 e 250°C, exceto os “flat bread” (pão sírio, pita, chapati, paratha, atafif, incluindo pizzas e esfihas) que podem ser assados em temperaturas superiores a 300°C (QAROONI, 1996). No centro do miolo, a temperatura atinge cerca de 98°C. A presença de açúcares na formulação acelera reações de

caramelização e Maillard, levando ao escurecimento progressivo da crosta e miolo, que podem ser desejados ou não (ESTELLER; LIMA; LANNES, 2005).

O croma da casca dos pães foi maior para as amostras controle e para a amostra com 9% de linhaça e o croma do miolo dos pães também foi maior para a amostra com 9% de linhaça. As amostras com 3% e 6% de linhaça sofreram alteração na cor, pois diferiram do controle.

Os valores de L, a e b da casca e do miolo dos pães estão apresentadas na Tabela 11.

Tabela 11 - Resultados da cor (L, a* e b*) da casca e do miolo do pão de forma controle e dos pães com adição de sementes de linhaça

Concentração de linhaça (%)	CASCA DOS PÃES		
	Cor L	Cor a*	Cor b*
0	61,56±3,64 ^{1a2}	10,75±1,46 ^b	34,24±2,85 ^a
3	26,23±2,98 ^d	11,45±1,52 ^b	12,27±3,36 ^c
6	33,79±3,48 ^c	12,46±1,77 ^b	17,05±4,20 ^b
9	50,05±2,98 ^b	14,97±1,01 ^a	33,77±2,17 ^a

Concentração de linhaça (%)	MIOLO DOS PÃES		
	Cor L	Cor a*	Cor b*
0	73,31±2,05 ^{ab}	-1,29±0,12 ^a	14,51±0,65 ^{ab}
3	74,15±2,12 ^{ab}	-1,14±0,38 ^a	13,65±0,60 ^b
6	70,39±4,44 ^b	-1,05±0,21 ^a	12,27±0,64 ^c
9	76,08±3,27 ^a	-1,27±0,18 ^a	14,71±1,04 ^a

¹Médias ± desvio padrão

²Letras diferentes na vertical indicam diferença significativa entre os tratamentos no nível de 5%

Em relação à casca dos pães, os valores de L mais altos indicam maior reflectância da luz traduzindo-se em pães com coloração clara, pobres em açúcares, ou presença de farinhas e amidos na crosta, como no caso da amostra controle seguida da amostra com 9% de linhaça (L=61,56; 50,05 respectivamente). Para o miolo, os valores de L são muito semelhantes e, como mencionado anteriormente, a temperatura e a umidade no centro impedem diferenciação significativa, devido a um tempo prolongado de assamento e provavelmente maior acidez da massa.

A amostra com 9% de linhaça apresentou o maior valor e a amostra com 6% de linhaça o menor valor (76,08 e 70,39 respectivamente), a amostra controle e amostra com 3% de linhaça não diferiram entre si e também não diferiram da amostra com 6% e nem da amostra com 9% de linhaça.

Maiores valores de a^* (desvio para o vermelho) indicam coloração mais escura na crosta. A amostra com 9% de linhaça apresentou o maior valor ($a^*=14,97$); a amostra controle, bem como as amostras com 3% e 6% de linhaça, não diferiram estatisticamente entre si. Para a coloração do miolo, a regra é mantida, mas é dependente, ainda, de algumas interações entre os ingredientes ativados pelo calor.

Os valores de a^* para o miolo (Tabela 11), não apresentaram diferença estatística entre as amostras, porém os resultados foram negativos, o que indica coloração mais clara para o miolo de todos os pães analisados.

Valores altos para b^* são traduzidos para amostras com forte coloração amarelada ou dourada, que embora distribuída na coloração castanha característica de produtos forneados, pode ser detectada e aparece em pães ricos em proteínas, açúcares redutores e ovos (carotenóides). Em relação ao valor de b para a casca dos pães, as amostras controle e com 9% de linhaça apresentaram as maiores notas ($b^*=34,24$ e $33,77$ respectivamente) e a amostra com 3% de linhaça apresentou o menor valor ($b^*=12,27$). Já para o miolo, a amostra com 9% de linhaça também apresentou o maior valor para b^* (14,17) e amostra com 6% de linhaça apresentou o menor valor (12,27). Algumas variações nos valores de a^* e b^* para cada grupo de produtos analisados podem estar também, relacionadas com o grau de aeração (porosidade da massa) e mudanças na luz que incide na superfície do material.

Esteller e Lannes (2005) pesquisaram medida de cor para vários tipos de pães e encontraram para o pão de forma os seguintes valores para a crosta dos mesmos: $L=48,14$; $a^*=17,19$; $b^*=29,01$ e para o miolo dos pães de forma encontraram: $L=62,37$; $a^*=1,14$; $b^*=10,88$. Em relação à crosta dos pães, a amostra com 9% de linhaça apresentou os valores mais próximos aos encontrados por esse autor ($L=50,05$; $a^*=14,97$; $b^*=33,77$). Em relação à cor do miolo dos pães, nenhuma das 4 amostras estudadas apresentou valores próximos aos encontrados por Esteller e Lannes (2005).

Nabeshima et al. (2005) avaliaram as medidas L, a* e b* do miolo do pão de forma tradicional e encontraram os seguintes valores; L=72,46; a*=-1,98; b*= 14,04. Esses dados estão bem próximos aos encontrados na amostra controle (Tabela 11).

2.5.11 Análise sensorial

2.5.11.1 Teste de preferência

A avaliação sensorial foi realizada por 116 provadores não treinados de ambos os sexos, escolhidos aleatoriamente entre diferentes faixas etárias e classes sociais. Foi utilizada uma escala hedônica de 9 pontos (gostei muitíssimo =1 a desgostei muitíssimo = 9).

A Tabela 12 aponta os dados encontrados em relação ao teste de aceitabilidade das amostras.

Tabela 12 - Somatória das notas e nota média dos provadores (n=116) em relação as 4 amostras de pães

Concentração de linhaça (%)	Somatória das Notas (pontos)	Nota Média Final
0	318±1 ^{1a2}	2,74±1 ^a
3	289±1 ^b	2,49±1 ^b
6	259±1 ^c	2,23±1 ^c
9	223±1 ^d	1,92±1 ^d

¹Médias ± desvio padrão

²Letras diferentes na vertical indicam diferença significativa entre os tratamentos no nível de 5%

De acordo com os dados apresentados na Tabela 12, houve diferença estatística entre as 4 amostras. A nota média final oscilou entre 1,92 a 2,74. As amostras com 6% e 9% de linhaça obtiveram notas próximas a nota 2, o que indica que os provadores “gostaram muito” desses produtos. As amostras controle e com 3% de linhaça obtiveram notas próximas a nota 3, o que indica que os provadores “gostaram moderadamente” desses produtos. Isso demonstra que todas as amostras apresentaram boa aceitação pelo público, independente de conterem ou não linhaça. Entre as amostras com adição de sementes de linhaça, a amostra com 9% foi a que obteve maior aceitação entre os provadores, pois quanto mais próximo da nota 1 é indicativo de excelente aceitação. Para que a ficha de avaliação não iniciasse com uma impressão negativa “Desgostei muitíssimo” foi feita uma adaptação de forma a escala remeter a nota 1 uma impressão positiva “Gostei muitíssimo”.

A Tabela 13 apresenta a distribuição das notas dos provadores por tratamento

Tabela 13 - Distribuição das notas dos provadores segundo a escala hedônica

Concentração de linhaça (%)	ESCALA								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Valores observados para a escala								
0	24	38	29	6	14	0	4	0	1
3	28	32	40	9	5	0	1	0	1
6	33	47	24	5	3	3	1	0	0
9	63	23	20	4	2	0	4	0	0

Os dados apresentados na Tabela 13 revelam que 38 provadores (32,7%) atribuíram nota 2 para a amostra controle. Já a amostra com 3% de linhaça, recebeu nota 3 de 40 provadores (34,4%). O pão de forma com 6% de linhaça recebeu de 47 provadores (40,5%) a nota 2. A amostra com 9% de linhaça recebeu de 63 provadores (54,3%) a nota 1. Esses dados confirmam os dados apresentados anteriormente (Tabela 12).

A intenção de compra demonstrada pelos provadores dos pães amostras é apresentada na Tabela 14.

Tabela 14 - Intenção de compra dos provadores em relação aos pães com diferentes concentrações de linhaça

Concentração de linhaça (%)	Intenção de Compra (%)
0	19,51±1 ^{1b2}
3	10,56±1 ^d
6	14,63±1 ^c
9	52,03±1 ^a

¹ Médias ± desvio padrão

² Letras diferentes na vertical indicam diferença significativa entre os tratamentos no nível de 5%

Em relação à intenção de compra do produto, 52,03% dos provadores expressaram preferir a amostra com 9% de linhaça. A amostra controle ocupou o segundo lugar na intenção de compra dos provadores. Ainda 2,43% dos entrevistados disseram que comprariam qualquer uma das 4 formulações de pães e 0,8% revelaram que comprariam todas as formulações de pães.

Foram levantados os motivos pelos quais os provadores comprariam os produtos e esses estão alistados na Figura 10.

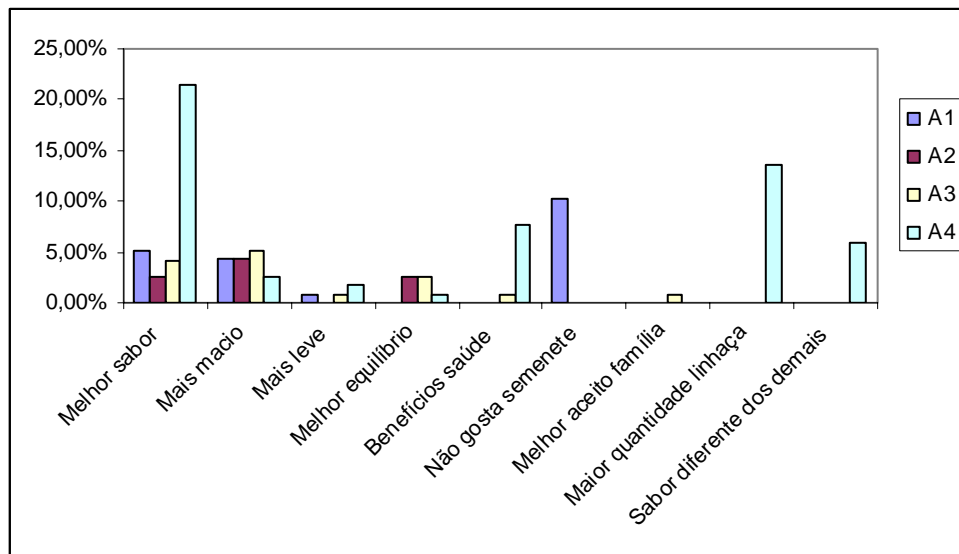


Figura 10 - Motivos pelos quais os provadores comprariam os 4 tipos de pães
Amostras correspondentes aos tratamentos: 1) 0%; 2) 3%; 3) 6%; 4) 9% de adição de linhaça

Através da análise da Figura 10, observou-se que os provadores indicaram nove motivos para a aquisição dos produtos. Na categoria “Melhor Sabor”, amostra com 9% de linhaça apresentou a maior porcentagem dos votos (21,36%). Já na classe “Mais Macio”, a amostra com 6% de linhaça apresentou a maior porcentagem (5,12%). Em relação ao motivo “Mais Leve”, a amostra com 9% de linhaça apresentou a maior porcentagem das opiniões (1,70%). Em relação a categoria “Equilíbrio entre Massa e Semente”, as amostra com 3% e 6% de linhaça apresentaram as maiores porcentagens (2,56%). Na intenção de compra por “Benefícios para a Saúde”, a amostra com 9% de linhaça obteve a maior porcentagem (7,69%). Em relação ao motivo “não gosta de semente”, a amostra controle obteve 10,25% dos votos contra os 13,67% dos votos da amostra com 9% de linhaça, essa porcentagem dos provadores preferiu essa amostra devido à

“maior quantidade de linhaça”. Também 5,98% dos provadores relataram preferência de compra pela amostra com 9% de linhaça pelo fato desta apresentar “sabor diferente dos demais”. Apenas 0,85% dos provadores preferiram comprar a amostra com 6% de linhaça pelo fato desta ser “melhor aceita pela família”. Ainda, 1,7% dos provadores não conseguiram detectar diferenças entre as amostras e por isso comprariam qualquer uma das 4 formulações e 2,56% dos provadores não relataram o motivo pelo qual comprariam o produto.

2.5.11.2 Análise Descritiva Quantitativa (ADQ)

Para a realização da Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) foram necessárias às etapas de recrutamento, seleção e treinamento.

2.5.11.2.1 Recrutamento e seleção

Foram recrutados 19 provadores utilizando como instrumento um questionário que avaliou a disponibilidade de horário, interesse e formas de contato.

Para a realização da seleção dos provadores, foi realizada a análise de identificação dos gostos básicos (doce, salgado, ácido e amargo) e duas séries de Teste Triangular (doce e salgado). Em cada sessão do Teste Triangular apresentaram-se 3 amostras, dentre elas duas sendo iguais e uma sendo diferente, tendo os provadores que identificar a amostra diferente. Os resultados da seleção estão apresentados na Tabela 15.

Tabela 15 - Respostas dos provadores ao teste de identificação dos gostos básicos e aos testes triangulares

PROVADOR	<i>Identificação de Gostos Básicos</i>	<i>Teste Triangular (Salgado)</i>	<i>Teste Triangular (Doce)</i>
1	-	-	+
2	+	+	+
3	+	+	+
4	+	+	+
5	+	+	+
6	+	+	+
7	+	+	+
8	+	+	+
9	+	+	+
10	+	+	+
11	+	+	+
12	+	-	-
13	-	-	+
14	+	-	+
15	+	+	+
16	+	+	+
17	+	+	+
18	+	+	+
19	+	+	+

+ Resposta certa

- Resposta errada

Foram escolhidos os provadores com acerto acima de 100%, ou seja, que acertaram os 3 testes. Dos 19 que foram recrutados apenas 15 acertaram os 3 testes e foram selecionados para a próxima etapa, o treinamento.

2.5.11.2.2 Treinamento

A etapa do treinamento compreendeu primeiramente o levantamento dos atributos, seguida de uma reunião para a definição da ficha de avaliação e a partir disso iniciou-se as sessões de treinamento com os provadores selecionados.

Na etapa de treinamento, foram realizados 6 encontros com os provadores com frequência semanal. Em cada uma das sessões de treinamento, mostravam-se aos provadores os materiais de

referência e cada provador tinha também acesso a uma ficha idêntica a que foi apresentada na Figura 8, disposta na cabine. Dos 15 provadores selecionados, 2 desistiram durante a fase de treinamento.

A Tabela 16 mostra as médias de cada amostra em relação a cada atributo, calculadas pelo Teste de Médias de Tukey, em nível de 5%.

Tabela 16 - Médias da equipe para os termos descritores de aparência, aroma, sabor e textura para os 4 pães de forma avaliados

<i>Atributos</i>	<i>0%</i>	<i>3%</i>	<i>6%</i>	<i>9%</i>
		Aparência		
Cor da Casca	0,56±0,64 ^{1b2}	0,67±0,66 ^b	1,05±0,88 ^a	0,97±0,81 ^a
Cor do Miolo	0,41±0,054 ^b	0,56±0,055 ^a	0,62±0,49 ^a	0,62±0,49 ^a
Aparência Característica	8,77±1,64 ^a	8,97±1,66 ^a	8,92±1,67 ^a	8,90±1,65 ^a
Uniforme	9,00±1,02 ^a	8,87±1,00 ^a	8,64±1,15 ^a	8,92±0,92 ^a
Formato Característico	9,21±0,76 ^a	9,33±0,70 ^a	9,28±0,82 ^a	9,28±0,64 ^a
Tamanho Característico	9,21±0,80 ^a	9,31±0,80 ^a	9,28±0,75 ^a	9,41±0,63 ^a
Concentração de Linhaça	0,00±0,00 ^d	1,87±0,86 ^c	4,33±1,91 ^b	7,03±2,71 ^a
		Aroma		
Aroma Característico	9,54±0,60 ^a	9,44±0,64 ^a	9,18±0,68 ^b	9,18±0,68 ^b
Intensidade do Aroma	0,72±1,60 ^b	1,41±1,40 ^b	2,90±2,29 ^a	3,33±2,35 ^a
Aroma Adocicado	0,56±0,64 ^c	0,77±0,62 ^{bc}	1,03±0,87 ^{ab}	1,18±1,02 ^a
Aroma Acentuado	0,33±1,61 ^d	1,26±1,81 ^c	2,62±2,20 ^b	3,28±2,12 ^a
		Sabor		
Sabor Característico	8,97±2,19 ^a	8,92±2,19 ^a	8,72±2,16 ^b	8,69±2,17 ^b
Sabor Salgado	0,69±0,61 ^a	0,82±0,64 ^a	0,82±0,60 ^a	0,82±0,64 ^a
Sabor Adocicado	0,56±0,55 ^b	0,59±0,54 ^{ab}	0,79±0,80 ^{ab}	0,82±0,82 ^a
Sabor Amargo	0,15±0,36 ^b	0,36±0,48 ^b	0,69±0,69 ^a	0,77±0,74 ^a
Sabor Suave	9,41±0,71 ^a	8,90±0,82 ^a	7,64±1,96 ^b	7,18±2,30 ^b
Sabor de Gordura	0,18±0,38 ^c	0,44±0,68 ^b	0,79±0,95 ^a	0,90±0,91 ^a
		Textura		
Macio	9,03±0,77 ^a	8,79±0,89 ^{ab}	8,54±0,99 ^c	8,64±0,98 ^{bc}
Crocante	0,00±0,00 ^d	0,69±0,52 ^c	1,77±0,70 ^b	2,79±1,08 ^a
Consistente	0,85±0,70 ^c	1,10±0,68 ^b	1,33±0,73 ^{ab}	1,36±0,74 ^a

¹Média ± desvio padrão

²Letras diferentes na horizontal indicam diferença significativa entre os tratamentos no nível de 5%

Através da análise da Tabela 16, observa-se que em relação aos atributos: “Aparência Característica”; “Uniforme”; “Formato Característico”; “Tamanho Característico”; e “Sabor Salgado” não houve diferença estatística entre as 4 amostras de pão de forma.

Em relação ao atributo “Cor da Casca”, a amostra controle e a amostra com 3% de linhaça diferiram estatisticamente das amostras com 6% e 9% de linhaça. As amostras com 6% e 9% de linhaça apresentaram as maiores médias. Quanto ao atributo “Cor do Miolo”, apenas a amostra controle diferiu das demais, recebendo a menor nota. De acordo com os provadores, a amostra controle tendeu a apresentar cor do miolo mais clara que as outras amostras. Em relação ao atributo “Concentração de linhaça”, todas as amostras diferiram entre si, sendo que a amostra com 9% de linhaça recebeu a maior nota e amostra controle a menor nota. As notas aumentaram proporcionalmente de acordo com o aumento da concentração de sementes de linhaça nos pães, isto indica que os provadores conseguiram identificar claramente as diferenças referentes à porcentagens de linhaça adicionadas em cada um dos pães (Figura 11).

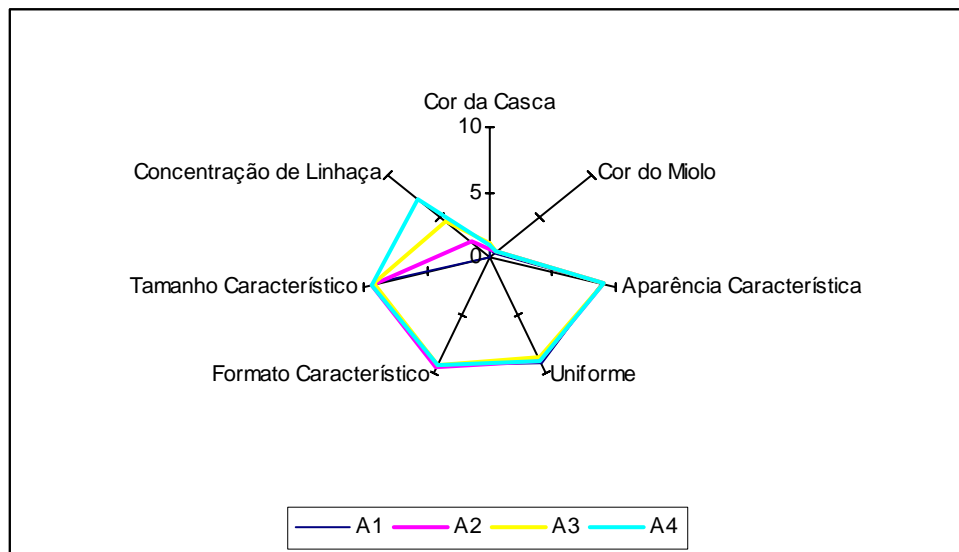


Figura 11 - Perfil Sensorial (aparência) em gráfico aranha para as amostras de pão de forma. Amostras correspondentes aos tratamentos: **1)** 0%; **2)** 3%; **3)** 6%; **4)** 9% de adição de linhaça

Em relação ao “Aroma Característico”, as amostras controle e 3% de linhaça diferiram das amostras 6% e 9% de linhaça. As amostras controle e 3% de linhaça apresentaram aroma muito característico. Quanto à “Intensidade do Aroma”, as amostras com 6% e com 9% de linhaça apresentaram aroma mais intenso que as amostras controle e 3% de linhaça. Referente ao atributo “Aroma Adocicado”, a amostra com 9% de linhaça recebeu a maior nota e a amostra

controle a menor nota. O mesmo comportamento foi observado em relação ao atributo “Aroma Acentuado” (Figura 12).

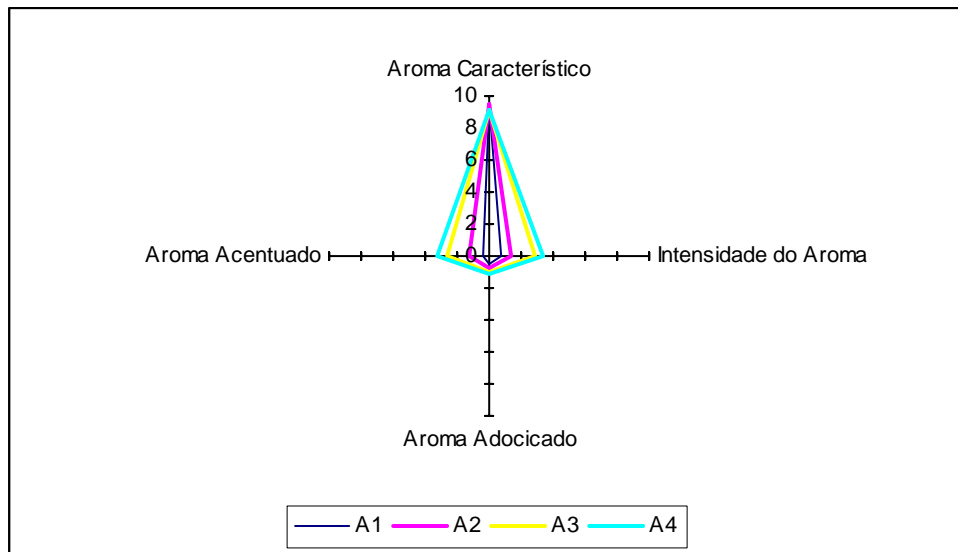


Figura 12 - Perfil Sensorial (aroma) em gráfico aranha para as amostras de pão de forma. Amostras correspondentes aos tratamentos: **1)** 0%; **2)** 3%; **3)** 6%; **4)** 9% de adição de linhaça

Quanto ao “Sabor Característico” as amostras controle e 3% de linhaça apresentaram as maiores notas, não diferindo entre si, isso indica que essas amostras apresentaram sabor muito característico. Para o atributo “Sabor Adocicado”, a amostra controle apresentou a menor nota e a amostra com 9% de linhaça apresentou a maior nota. Para o atributo “Sabor Amargo”, as amostras controle e 3% de linhaça receberam as menores notas e as amostras 6% e 9% de linhaça receberam as maiores notas. No atributo “Sabor Suave”, as amostras controle e 3% de linhaça apresentaram as maiores notas. Quanto ao “Sabor de Gordura”, a amostra com 9% de linhaça recebeu a maior nota e amostra controle a menor nota. O fato da semente de linhaça ser rica em óleo propicia sabor de gordura mais expressivo na amostra que recebeu a adição da maior concentração (Figura 13).

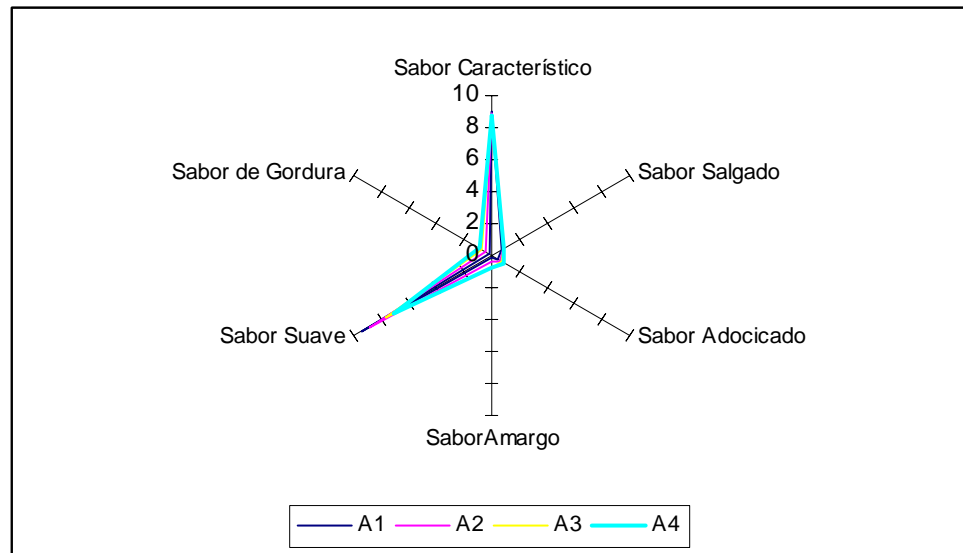


Figura 13 - Perfil Sensorial (sabor) em gráfico aranha para as amostras de pão de forma. Amostras correspondentes aos tratamentos: 1) 0%; 2) 3%; 3) 6%; 4) 9% de adição de linhaça

Referente à textura, a amostra controle recebeu a maior nota para o atributo “Macio” e a amostra com 6% de linhaça recebeu a menor nota para o mesmo atributo. A amostra com 9% de linhaça recebeu a maior nota para o atributo “Crocante”. A amostra controle recebeu nota zero em relação a esse atributo. Os provadores identificaram que quanto maior a concentração de linhaça maior é a crocância. Em relação ao atributo “Consistente”, a amostra com 9% de linhaça tendeu a apresentar consistência mais firme que a amostra controle, que recebeu a menor nota nesse atributo. A amostra com 9% de linhaça apresentou textura mais firme que as demais em virtude da maior presença de fibras, substância que faz parte da composição das sementes de linhaça (Figura 14).

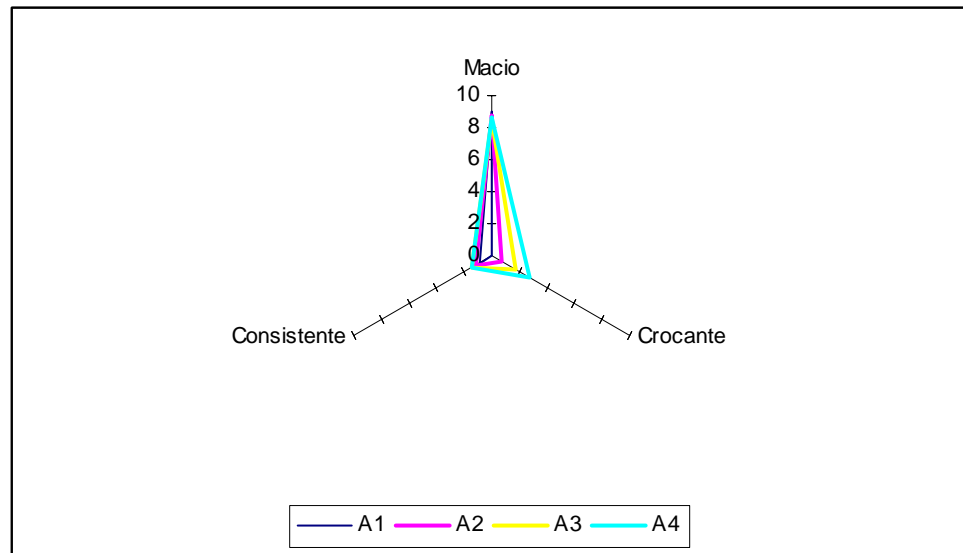


Figura 14 - Perfil Sensorial (textura) em gráfico aranha para as amostras de pão de forma. Amostras correspondentes aos tratamentos: 1) 0%; 2) 3%; 3) 6%; 4) 9% de adição de linhaça

Pela análise da Tabela 16, verifica-se que a amostra com 9% de linhaça destaca-se por ter médias superiores às demais amostras em 10 atributos (Tamanho Característico, Concentração de Linhaça, Intensidade do Aroma, Aroma Adocicado, Aroma Acentuado, Sabor Adocicado, Sabor Amargo, Sabor de Gordura, Crocante e Consistente). Esses atributos são considerados desejáveis nesse tipo de produto. O atributo “Sabor Amargo”, que poderia ser a princípio inconveniente, não torna o produto indesejável ou rejeitado, pois os provadores o classificaram como sabor pouco amargo. O mesmo ocorreu com o atributo “Sabor de Gordura”. A amostra controle foi a segunda amostra a apresentar médias superiores às demais em 5 atributos (Uniforme, Aroma Característico, Sabor Característico, Sabor Suave e Textura Macia).

2.5.12 Informação nutricional

A Resolução-RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003, tem como objetivo aprovar o Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados, tornando obrigatória a rotulagem nutricional. A Tabela 17 mostra a rotulagem nutricional do pão de forma sem adição de semente de linhaça. O rótulo foi elaborado considerando a Resolução nº 360 e contemplando a “Declaração de Nutrientes” e a “Declaração de propriedades nutricionais (informação nutricional complementar)”.

Tabela 17 - Informação nutricional do pão de forma sem adição de sementes de linhaça

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL - Porção de 25gramas (1 fatia)		
	Quantidade por porção	%VD*
Valor energético	82 kcal	4
Carboidratos	16g	5
Proteínas	2,4g	3
Gorduras totais	0,8g	1
Gorduras saturadas	0,26g	1
Gorduras <i>trans</i>	0g	**
Gorduras monoinsaturadas	0,19g	**
Gorduras poliinsaturadas	0,2g	**
Colesterol	0g	**
Omega 3	0,01g	**
Omega 6	0,18	**
Fibra alimentar	0g	0
Sódio	215mg	9
Fósforo	36 mg	5
Potássio	62mg	**
Cálcio	25mg	2,5
Fitatos	46mg	**
Taninos	24mg	**
Fenólicos totais	471mg	**

* Valores diários de referência com base em uma dieta de 2.000 calorias (Kcal), ou 8.400 KJ. Seus valores diários podem ser maiores ou menores dependendo de suas necessidades energéticas.

(**) Valor Não Estabelecido

Ingredientes: Farinha de trigo fortificada com ferro e ácido fólico, sal, açúcar, melhorador comercial, margarina, fermento biológico, leite em pó e água. **CONTÉM GLÚTEN.**

A importância da rotulagem nutricional dos alimentos para a promoção da alimentação saudável é destacada em grande parte dos estudos e pesquisas que envolvem a área da nutrição e sua relação com estratégias para a redução do risco de doenças crônicas.

As informações nutricionais referem-se ao produto na forma como está exposto à venda e devem ser apresentadas em porções, e medidas caseiras correspondentes, devendo conter ainda o percentual de valores diários para cada nutriente declarado. Considera-se que este tipo de

rotulagem facilita ao consumidor conhecer as propriedades nutricionais dos alimentos, contribuindo para um consumo adequado dos mesmos, e considera-se que a informação que se declara na rotulagem nutricional complementa as estratégias e políticas de saúde dos países em benefício da saúde do consumidor.

A informação nutricional do pão de forma com adição de 3% de sementes de linhaça é apresentada na Tabela 18:

Tabela 18 - Informação nutricional do pão de forma com adição de 3% semente de linhaça

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL – Porção de 25gramas (1 fatia)		
	Quantidade por porção	%VD*
Valor energético	81 kcal	4
Carboidratos	16g	5
Proteínas	2,4g	3
Gorduras totais	0,7g	1
Gorduras saturadas	0,2g	1
Gorduras <i>trans</i>	0g	**
Gorduras monoinsaturadas	0,1g	**
Gorduras poliinsaturadas	0,2g	**
Colesterol	0g	**
Omega 3	0,05g	**
Omega 6	0,1	**
Fibra alimentar	0g	0
Sódio	206mg	9
Fósforo	38mg	5
Potássio	67mg	**
Cálcio	22mg	2
Fitatos	62mg	**
Taninos	24mg	**
Fenólicos totais	563 mg	**

* Valores diários de referência com base em uma dieta de 2.000 calorias (Kcal), ou 8.400 KJ. Seus valores diários podem ser maiores ou menores dependendo de suas necessidades energéticas.

(**) Valor Não Estabelecido

Ingredientes: Farinha de trigo fortificada com ferro e ácido fólico, sal, açúcar, sementes de linhaça (3%), melhorador comercial, margarina, fermento biológico, leite em pó e água. **CONTÉM GLÚTEN.**

A informação nutricional do pão de forma com adição de 6% de sementes de linhaça é apresentada na Tabela 19.

Tabela 19 - Informação nutricional do pão de forma com adição de 6% semente de linhaça

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL – Porção de 25gramas (1 fatia)		
	Quantidade por porção	%VD*
Valor energético	85 kcal	4
Carboidratos	16g	5
Proteínas	2,6g	3
Gorduras totais	1,2g	2
Gorduras saturadas	0,3	1
Gorduras <i>trans</i>	0g	**
Gorduras monoinsaturadas	0,2	**
Gorduras poliinsaturadas	0,4	**
Colesterol	0g	**
Omega 3	0,1	**
Omega 6	0,2	**
Fibra alimentar	0g	0
Sódio	206mg	9
Fósforo	44mg	6
Potássio	71mg	**
Cálcio	26mg	3
Fitatos	73mg	**
Taninos	24mg	**
Fenólicos totais	614mg	**

* Valores diários de referência com base em uma dieta de 2.000 calorias (Kcal), ou 8.400 KJ. Seus valores diários podem ser maiores ou menores dependendo de suas necessidades energéticas.

(**) Valor Não Estabelecido

Ingredientes: Farinha de trigo fortificada com ferro e ácido fólico, sal, açúcar, sementes de linhaça (6%), melhorador comercial, margarina, fermento biológico, leite em pó e água. **CONTÉM GLÚTEN.**

A informação nutricional do pão de forma com adição de 9% de sementes de linhaça é apresentada na Tabela 20.

Tabela 20 - Informação nutricional do pão de forma com adição de 9% de semente de linhaça

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL – Porção de 25gramas (1 fatia)		
	Quantidade por porção	%VD*
Valor energético	87 kcal	4
Carboidratos	16g	5
Proteínas	2,6g	3
Gorduras totais	1,4g	3
Gorduras saturadas	0,3	1
Gorduras <i>trans</i>	0g	**
Gorduras monoinsaturadas	0,3	**
Gorduras poliinsaturadas	0,4	**
Colesterol	0g	**
Omega 3	0,2	**
Omega 6	0,2	**
Fibra alimentar	0,7g	3
Sódio	222mg	9
Fósforo	45mg	6
Potássio	79mg	**
Cálcio	24mg	2
Fitatos	94mg	**
Taninos	25mg	**
Fenólicos totais	680mg	**

* Valores diários de referência com base em uma dieta de 2.000 calorias (Kcal), ou 8.400 KJ. Seus valores diários podem ser maiores ou menores dependendo de suas necessidades energéticas.

(**) Valor Não Estabelecido

Ingredientes: Farinha de trigo fortificada com ferro e ácido fólico, sal, açúcar, sementes de linhaça (9%), melhorador comercial, margarina, fermento biológico, leite em pó e água. **CONTÉM GLÚTEN.**

Através de uma análise das Tabelas 17, 18, 19 e 20, observou-se que em relação ao Valor Energético os pães de forma apresentaram pequena variação, entre 81 e 87 kcal por porção. Todos os produtos apresentaram 16 g de Carboidratos por porção. Quanto às proteínas, os produtos apresentaram valores muito próximos em torno de 2,4 g por porção. As gorduras totais oscilaram entre 0,7 e 1,4 g por porção, sendo que o pão com 9% de linhaça apresentou a maior quantidade desse nutriente, bem como a maior quantidade de gorduras mono e poliinsaturadas. A

relação Omega 3:6 também foi maior para a amostra com 9% de linhaça sendo que a proporção desses nutrientes foi de 1:1 por porção de 25 g. A gordura *trans* não foi identificada em nenhum dos produtos estudados. Em relação à fibra alimentar o produto com 9% de linhaça apresentou 0,7 g por porção. A RDC nº 360 informa que quantidade igual ou inferior a 0,5 g de fibra alimentar por porção não é significativa para o pão de forma e por isso deve constar no rótulo nutricional como “zero”, por isso as amostras controle, 3% e 6% de linhaça apresentam “zero” para fibra alimentar. Essa mesma resolução também esclarece que para um produto ser considerado “fonte de fibra” precisa conter no mínimo 3 g de fibras/100 g de produto fresco. Nenhum dos 4 produtos avaliados atende a essa exigência. A quantidade do mineral sódio variou de 206 a 222 mg por porção, o pão com 9% de linhaça apresentou o maior teor desse nutriente. Optativamente podem ser declarados no rótulo nutricional alguns minerais. No estudo, optou-se por declarar os minerais, fósforo, potássio e cálcio pelo fato dos produtos apresentarem elevados teores dos mesmos. O teor de fósforo variou de 36 a 45 mg por porção, o pão com 9% de linhaça apresentou a maior quantidade e o controle apresentou a menor quantidade desse elemento. O teor de potássio variou de 62 a 79 mg por porção. O teor de cálcio foi muito próximo entre os 4 produtos, oscilando de 22 a 26 mg por porção. Em relação aos Fitatos, e Fenólicos Totais, foram observados aumentos dessas substâncias de acordo com o aumento da concentração das sementes de linhaça nos pães. O teor de fitatos variou de 46 a 94 mg por porção; para os fenólicos totais encontrou-se variação entre 471 mg e 680 mg por porção. Referente aos taninos, o pão com 9% de linhaça apresentou 25 mg por porção e os outros 3 produtos apresentaram 24 mg por porção. Essas substâncias não são declaradas no rótulo nutricional de nenhum alimento, mas são substâncias presentes nas sementes de linhaça e também conhecidas pelo papel antioxidante que desempenham no organismo humano, por isso essa pesquisa incluiu essas substâncias como informação nutricional complementar, embora até o presente momento não exista valores seguros de Ingestão Diária Recomendada para tais substâncias.

3 CONCLUSÕES

A concentração do ácido linolênico (Omega 3) aumentou significativamente nos pães conforme a adição de sementes de linhaça. O pão com 9% de linhaça apresentou relação Omega 6: Omega 3 próximo de 1:1.

Dentre os ácidos graxos quantificados, o palmítico, o oléico e linoléico foram os maiores representantes nas 4 amostras de pães o que contribuiu para a frágil estabilidade dos produtos e para a formação de compostos indesejáveis, porém a presença natural de antioxidantes nas sementes de linhaça controlou a oxidação lipídica.

Nenhuma das amostras pode ser considerada “fonte de fibra alimentar” pelo fato de não conter 3g/100g de alimento pronto para consumo.

As amostras contendo 6% e 9% de linhaça apresentaram os maiores teores para o mineral fósforo e a amostra com 9% de linhaça apresentou o maior teor de magnésio. Os minerais potássio, cálcio, enxofre, sódio, ferro, manganês e zinco não apresentaram diferença estatística entre as 4 formulações de pães.

O teor de fitatos, presente nas amostras aumentou de acordo com a adição de sementes de linhaça. Nas 4 formulações de pães o teor de fitato diminuiu significativamente quando comparado ao da semente de linhaça crua, isso ocorreu pelo fato do processamento térmico a que foram submetidos os pães (fornecimento) ter sido eficiente para reduzir essa substância.

As amostras com 6% e 9% de linhaça apresentaram os maiores teores de taninos. Porém, entre os três compostos pesquisados, os taninos apresentaram os menores teores.

O teor de fenólicos totais presentes nas amostras aumentaram de acordo com a adição de sementes de linhaça. Dentre os três compostos pesquisados, os fenólicos apresentaram os maiores teores.

O processamento térmico melhorou a porcentagem de digestibilidade da proteína *in vitro* e a amostra com 9% de linhaça apresentou a maior porcentagem.

As perdas na cocção dos pães foram de aproximadamente 70 g por forma de 600 g de massa crua, essa perda deve-se à evaporação de líquidos, especialmente água.

Todas as amostras que receberam adição de sementes de linhaça apresentaram maior medida de textura.

As amostras controle e com 6% de linhaça foram classificadas como volume específico “Muito bom” e as amostras com 3% e 9% de linhaça foram classificadas como volume específico “Bom”.

A amostra com 9% de linhaça apresentou o maior Croma para a casca e para o miolo dos pães. As amostras com 3% e 6% de linhaça foram as que apresentaram maiores diferenças em relação a cor.

Todas as amostras tiveram elevada aceitação pelo público, independente de conterem ou não linhaça. Entre as amostras com adição de sementes de linhaça, a amostra com 9% de linhaça foi a que obteve maior aceitação entre os provadores.

Em relação à intenção de compra do produto, os provadores expressaram preferir a amostra com 9% de linhaça, por apresentar o melhor sabor.

Referente à ADQ, a amostra com 9% de linhaça apresentou médias superiores às demais amostras em relação à maioria dos atributos levantados pelos provadores. Não foram identificados atributos indesejáveis para nenhuma das amostras através da ADQ.

Quanto a rotulagem nutricional, as 4 amostras apresentaram pequenas oscilações entre os nutrientes. A quantidade de fitatos e fenólicos totais aumentaram significativamente de acordo com o aumento da concentração de sementes de linhaça nos pães.

Após a caracterização físico-química, nutricional e sensorial dos pães com adição de diferentes concentrações de linhaça é possível afirmar que é viável a confecção desses produtos, especialmente da formulação com 9% de sementes de linhaça.

REFERÊNCIAS

AGENCY FOR HEALTHCARE RESEARCH AND QUALITY. **Effects of omega-3 fatty acids on organ transplantation**. Rockville: Department of Health and Human Services, 2005. 115 p.

AGTE, V. V.; JOSHI, S. R. Effect of traditional food processing on phytate degradation in wheat and millets. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.45, n.5, p.1659-1661, 1997.

AMAROWICZ, R., WANASUNDARA, U., WANASUNDARA, J., SHAHIDI, F. Antioxidant activity of ethanolic extracts of flaxseed in a β -carotenelinoleate model system. **Journal Food Lipids**, Trumbull, v.1, p.111-117, 1993.

ANJO, D.F.C. Alimentos funcionais em angiologia e cirurgia vascular. **Jornal Vascular Brasileiro**, Jaraguá do Sul, v.3, n.2, p.145-154, jun. 2004.

ASP, N.G.; JOHANSSON, C.G.; HALLMER, H. Rapid enzymatic assay of insoluble and soluble dietary fiber. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v.31, p.476-482, 1983.

ASSIS, M.A.A.; NAHAS, M.U. Aspectos nutricionais de fitatos e taninos. **Revista de Nutrição**, Campinas, v.12, n.1, p.5-19, jan./abr., 1999.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. Washington, 1995.

AKESON, W.R.; STAHMANN, M.A. A pepsin pancreatin digest index of protein quality evaluation. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.83, p. 257-261, 1964.

BELITZ, H.D.; GROSCH, W. **Química de los alimentos**. 2. ed. Zaragoza: Acribia, 1997. 1134 p.

BENNETT M. **The flaxseed revolution: nature's source of omega-3, ligninas e fiber**. Batimore: Optimal Healthspans Publications, 1998. 88p.

BERNO, L.I.; MOURA, N.C.; SPOTO, M.H.F.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G. Avaliação química de pão enriquecido com proteína concentrada do soro de leite bovino (*whey protein*). In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 7., 2007, Campinas. **Anais Ciência e Tecnologia de Alimentos em Benefício à Sociedade: Ligando a Agricultura à Saúde**, Campinas: SBCTA, 2007. 1 CD-ROM.

BIBLE, B.B.; SINGHA, S. Copy position influences CIELAB coordinates of peache color. **HortScience**, Alexandria, v.28, p.175-178, 1999.

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

BISTRIAN, B. R. Clinical aspects of essential fatty acid metabolism: Jonathan Rhoads lecture. **Journal of Parenteral and Enteral Nutrition**, Denver, v. 27, n.3, p.168, 2003.

BORS, W.; HELLER, W., MICHEL, C.; SARAN, M. **Radical chemistry of flavonoid antioxidant**. In: Emerit, I. (Ed) **Antioxidants in therapy and preventive medicine**. New York: Plenum Press, 1990, p.165- 170.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Portaria nº 27 de 13 de janeiro de 1998 – Regulamento técnico referente à informação nutricional complementar**. Disponível em: <<http://e-legis.bvs.br/leisref/public>>. Acesso em: 04 fev. 2008.

_____. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Portaria nº 29**, de 13 de janeiro de 1998. Aprova regulamento técnico referente a Alimentos para Fins Especiais. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/alimentos/legis/especifica/regutec.htm>> . Acesso em: 04 ago. 2008.

_____. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Portaria RDC nº 90**, de 18 de outubro de 2000. Aprova regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade do pão. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/alimentos/legis/especifica/regutec.htm>> . Acesso em: 20 set. 2006.

_____. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Alimentos. Rotulagem. Legislação. Disponível em: <http://www.anvisa.org.br>>. Acesso em: 25 maio 2005.

_____. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução - RDC nº 359**, de 20 de setembro de 2002. Regulamento Técnico sobre Rotulagem de Alimentos Embalados. Disponível em: < <http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public>>. Acesso em: 25 set. 2006.

_____. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução -RDC nº 360**, de 23 de dezembro de 2003. Regulamento Técnico sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados, tornando obrigatória a rotulagem nutricional. Disponível em: <<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public>>. Acesso em: 25 set. 2006.

_____. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução - RDC nº 344**, de 13 de dezembro de 2002. Regulamento Técnico Para Fortificação das Farinhas de Trigo e das Farinhas de Milho com Ferro e Ácido Fólico. Disponível em: <<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public>>. Acesso em: 04 ago. 2008.

_____. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução - **RDC nº 40**, de 8 de fevereiro de 2002. Regulamento Técnico Para Rotulagem Nutricional Obrigatória de Alimentos e Bebidas Embalados. Disponível em: <<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public>>. Acesso em: 25 set. 2006.

_____. Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. **Resolução nº 196**, de 10 de outubro de 1996. Aprova as diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos. Disponível em: http://www.conselho.saude.gov.br/resolucoes/reso_96.htm. Acesso em: 04 abr. 2008.

BRUNE, M., ROSSANDER-HULTÉN, L., HALLBERG, L., GLEERUP, A., SANDBERG, A. Iron absorption from bread in humans: inhibiting effects of cereal fiber, phytate and inositol phosphates with different numbers of phosphate groups. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.122, n.3, p.442-449, 1992.

BUTLER, L.G. New perspective on the antinutritional effects of tannins. In: KINSELLA, J.E.; SOUCIE, B. **Food products**. Champaign: American Oil Chemistry Society, 1989. chap. 22, p. 402-409.

CALDER, P.C. Long-chain n-3 fatty acids and inflammation: potential application in surgical and trauma patients. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, Ribeirão Preto, v.36, n.4, p.433, 2003.

CARAGAY, A.B. Cancer-preventive foods and ingredients. **Food Technology**, Chicago, v.46, n.4, p.65-68, 1992.

CARBONARO, M.; VIRGILI, F.; CARNOVALE, E. Evidence for protein-tannin interaction in legumes: implications in the antioxidant properties of faba bean tannins. **Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie**, Heidelberg, v.29, n.8, p.743-750, 1996.

CARVALHO, M.R.B.; KIRSCHNIK, P.G.; PAIVA, K.C.; AIURA, F.S. Avaliação da atividade dos inibidores de tripsina após digestão enzimática em grãos de soja tratados termicamente. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 15, n.3, p.267-272, set.2002.

CHEN, Z.Y., RATNAYAKE, W.M.N., CUNNANE, S.C. Oxidative stability of flaxseed lipids during baking. **Journal of the American Oil Chemists Society**, Chicago, v.71, n.6, p.629-632, 1994.

CHIMI, H.; CILLARD, J.; CILLARD, P.; RAHAMANI, M. Peroxyl and hydroxyl radical scavenging activity of some natural phenolic antioxidants. **Journal of the American Oil Chemists Society**, Chicago, v. 68, p. 307-312, 1991.

CHRISTOPHER, Y.; MARTIN, A. Omega-3 fatty acids in mood disorders: an overview. **Revista Brasileira de Psiquiatria**, São Paulo, v.25, n. 3, p.184-187, set.2003.

CHUNG, K.T.; WONG, T.Y.; WEI, C.I.; HUANG, Y.W.; LIN, Y. Tannins and human health: a review. **Critical Reviews in Food Nutrition**, Amherst, v.38, n.6, p.421-464, 1998.

COLLI, C.; SARDINHA, F.; FILISETTI, T.C.M.M. Alimentos funcionais. In: CUPPARI, L. **Guias de medicina hospitalar e ambulatorial**. São Paulo: Manole, 2002. cap.4, p.66-67.

COMPUSENSE FIVE. Programa automatizado para análise sensorial **Compusense five** release 3.0 (software). 1998. 1CD-ROM.

CORREA, P. The role of antioxidants in gastric carcinogens. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v.35, n.1/2, p.59-64, 1995.

DE ANGELIS, R.C. de. **Importância de alimentos vegetais na proteção da saúde: fisiologia da nutrição protetora e preventiva de enfermidades degenerativas**. São Paulo: Atheneu, 2001. 294p.

EL-DASH, A.A. **Fundamentos da tecnologia de panificação: tecnologia agroindustrial**. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia. 1986. 347 p.

EMPSON, K.L., LABUZA, T.P., GRAF, E. Phytic acid as a food antioxidant. **Journal of Food Science**, Chicago, v.56, n.2, p.560-563, 1991

ESTELLER, M.S LANNES,S.C.S. Parâmetros complementares para fixação de identidade e qualidade de produtos panificados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.25, n.4, p.802-806, out-dez. 2005.

ESTELLER, M.S.; LIMA, A .C.O.; LANNES, S.C.S. **Color measurement in hamburger buns with fat and sugar replacers**. LWT, 2005 (in press)

ESTELLER, M.S.; AMARAL, R.L.; LANNES, S.C.S. Effect of sugar and fat replacers on the texture of baked goods. **Journal of Texture Studies**, Chicago, v.35, p.383-393, 2004.

ESTELLER, M.S.; YOSHIMOTO, R.M.O.; AMARAL, R.L.; LANNES, S.C.S. Uso de açúcares em produtos panificados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.24, n.4, p.602-607, out-dez. 2004.

ESTÉVEZ, M.; CAVA, R. Lipid and protein oxidation, release of iron from heme molecule and colour deterioration during refrigerated storage of liver patê. Facultad de Veterinaria. Universidad de Extremadura. Tecnología de los alimentos, Spain. **Meat Science**, Barking, n. 68, p.551-558, 2004.

FERREIRA, S.M. **Controle da qualidade em sistemas de alimentação coletiva I**. São Paulo: Livraria Varela, 2002. 173 p.

- FREITAS, R.E. STERTZ,S.C.; WASZCZYNSKYJ,N. Viabilidade da produção de pão, utilizando farinha mista de trigo e mandioca em diferentes proporções. **Boletim do Centro de Pesquisa Agropecuária do Paraná**, Curitiba, v.15, n.2, p. 197-208, 1997.
- FORBES, R.M., PARKER, H.M., ERDMAN, J.W. Effects of dietary phytate, calcium and magnesium levels on zinc bioavailability to rats. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.114, n.8, p.1421-1425, 1984.
- FÜRST, P. The striking diet of the island of Crete: lipid nutrition from the palaeolithic to the affluent modern society. **Clinical Nutrition**, Little Rock, v.21, supl. 2, p. 9-14, 2002.
- GEHM, B. D.; McANDREWS, J. M.; CHIEN, P. Y.; JAMESON, J. L. Resveratrol, a polyphenolic compound found in grapes and wine, is an agonist for the estrogen receptor. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, v. 94, n. 25, p. 14138-14143, Dec. 1997.
- GIBSON, R.A; MAKRIDES M. n-3 polyunsaturated fatty acid requirements of term infants. **The American Journal Clinical Nutrition**, Bethesda, n. 71, p. 251-255, 2000.
- GÓMEZ, M.E.D.B. **Modulação da composição de ácidos graxos poliinsaturados ômega 3 de ovos e tecidos de galinhas poedeiras, através da dieta**. São Paulo, 2003, 149 p. Tese (Doutorado em Bromatologia). Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- GRAF, E. Applications of phytic acid. **Journal of the American Oil Chemist's Society**, Champaign, v.60, n.11, p.1861-1867, 1983.
- GRAF, E., EATON, J.W. Dietary suppression of colonic cancer: fiber or phytate? **Cancer**, Philadelphia, v.56, n.15, p.717-718, 1985
- GRIMBLE R. Use of n-3 fatty acid-containing lipid emulsions in the Intensive Care Unit environment: the scientist's view. **Clinical Nutrition**, Little Rock, v.21, supl. 2, p. 15-21 2002.
- GRASES, F., GARCIA-FERRAGUT, L., COSTA-BAUZÁ, A., MARCH, J. G. Study of the effects of different substances on the early stages of papillary stone formation. **Nephron**, Palma de Mallorca, v.73, n.4, p.561-568, 1996.
- GRYNSPAN, F.; CHERYAN, M. Phytate-calcium interaction with soy protein. **Journal of the American Oil Chemists Society**, Chicago, v.66, n.1, p.93-97, 1989.
- GUZMÁN-MALDONADO, S.H., ACOSTA-GALLEGO, J., PAREDES-LÓPEZ,O. Protein and mineral content of a novel collection of wild and weedy common bean *Phaseolus Vulgaris* L).**Journal of the Science of Food and Agriculture**, Chicago, v.80, n.13, p.1.874-1.881, Oct.2000.

HANDS, E.S. Lipid composition of selected foods. In: HUI, Y.H. **Bailey's industrial oil & fat products**. 5th ed. New York: Wiley, 1996, v.1, p.441-505.

HARTMAN, L., LAGO, R.C. A . Rapid preparation of fatty acid methyl ester from lipids. **Laboratory Practices**, London, v. 22, p. 475-476, 1973.

HAYAKAWA, T.; TOMA, Y.; IGAUE, I. Purification e characterization of acid phosphatases with or without phytase activity from rice bran. **Agricultural and Biological Chemistry**, Tokyo, v.53, n.6, p.1475-1483, 1989.

HIBBELN, J.R.; SALEM, N. Dietary polyunsaturated fatty acids an depression: when cholesterol does not satisfy. **American Journal Clinical Nutrition**, Bethesda v.62, p.1-9, 1995.

HUNT, J.R., JOHNSON, P.E., SWAN, P.B. Dietary conditions influencing relative zinc availability from foods to the rat and correlations with in vitro measurements. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.117, n.11, p.1913-1923, 1987.

HUSAIN, S.R.; CILLARD, J.; CILLARD, P. Hydroxyl radical scavenging activity of flavonoids. **Phytochemistry**, Oxford, v.26, p. 2489-2491, 1987.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA. **Programa de análise de produtos**, 2005. Disponível em: <http://www.inmetro.org.br>. Acesso em: 05 jul. 2005.

INSTITUTE OF MEDICINE. **Dietary reference intakes (DRIs) for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids**. Part 1. Washington: National Academy Press; 2002.

JAMES, M.J.; GIBSON, R.A.; CLELAND, L.G. Dietary polyunsaturated fatty acids and inflammatory mediator production. **American Journal of Clinical Nutrition**, Houston, v.71, suplemento, p.343-348, 2000.

JANG, M.; CAI, L.; UDEANI, G. O.; SLOWING, K. V.; THOMAS, C. F.; BEECHER, C. W.; FON, H. H.; FARNSWORTH, N. R.; KINGHORN, A. R.; MEHTA, R. G.; MOON, R. C.; PEZZUTO, J. M. Cancer chemopreventive activity of resveratrol, a natural product derived from grapes. **Science**, London, v. 275, n. 5297, p. 218-220, Jan.1997.

JARIWALLA, R.J. Anticancer effects of phytate. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.56, n.3, p.609, 1992.

KELLEY, D.S. Modulation of human immune and inflammatory responses by dietary fatty acids. **Nutrition**, Syracuse, v. 17, n.1, p.669-673, 2001.

- LEE, B. J.; HENDRICKS, D. G. Metal-catalyzed oxidation of ascorbate, deoxyribose and linoleic acid as affected by phytic acid in a model system. **Journal of Food Science**, Chicago, v.62, n.5, p.935-938, 1997.
- LELIS, C. C. R.; GONÇALVES, A. de C. Teores de taninos da casca da madeira de cinco leguminosas arbóreas. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 167-173, jan./dez. 2001.
- LIENER, I. E. Implications of antinutritional components in soybean foods. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Cleveland, v. 34, n. 1, p. 31-67, 1994.
- LINO, uma oleaginosa com historia. **Aceites & Grasas**, Sevilla, v.38, p. 59-74, 2000.
- MACHADO, L.M.P. **Pão sem glúten**: otimização de algumas variáveis de processamento. 1996. 186p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) Faculdade de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1996.
- MACHADO, F.M.S. Os benefícios do consumo de alimentos funcionais. In: Torres E.A.F.; Machado, F.M.S. **Alimentos em questão**: uma abordagem técnica para as dúvidas mais comuns. São Paulo: Ponto Crítico; 2001. p. 35-43.
- MALIWAL, B.P. *In vitro* methods to assess the nutritive value of leaf protein concentrate. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v.31, n.2, p. 315-319, 1983.
- MANDARINO, J.M.G.; ROESSING, A.C.; BENASSI, V.T. **Óleo**: alimentos funcionais, Londrina: Embrapa Soja, 2005. 91 p.
- MARTINI, F.C.C. **Comparação entre a disponibilidade de ferro na presença de vitamina A e Beta-caroteno em alimentos e medicamentos**. Piracicaba, 2002, 61p. Dissertação (Mestre em Ciência), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- MESSINA, M., BARNES, S. The role of soy products in reducing risk of cancer. **Journal of National Cancer Institute**, Bethesda, v.83, n.8, p.541-546, 1991.
- MORAES, M. A, C. **Métodos para avaliação sensorial dos alimentos**. 5.ed. Campinas. 1985. 85p.
- MORIGUCHI, E.; BATLOUNI, M. Ácidos graxos n-3 e n-6 e prevenção de doenças cardiovasculares: ácidos graxos n-3 e n-6 outros efeitos adversos. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, São Paulo, v.77, p.287-310, 2001.

NABESHIMA, E.H.; ORMENESE, R.C.S.C.; MONTENEGRO, FM; TODA, E.; SADAHIRA, MS. Propriedades tecnológicas e sensoriais de pães fortificados com ferro. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.25, n.3, p.506-511, jul./set. 2005.

NAWAR, W.W. Lipids. In: FENNEMA, O.R. **Food chemistry**. 3 th ed. New York: Marcel Dekker, 1996. p. 225-319. (Food Science and Technology).

NELSON, R.L. Dietary iron and colorectal cancer risk. **Free Radical Biology and Medicine**, New York, v.12, n.2, p.161-168, 1992.

NOVAZZI, J. P.; MARANHÃO, R. Ácidos graxos n-3, n-6 e prevenção de doenças cardiovasculares: ácidos graxos n-3, n-6 e coagulação. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, São Paulo, v. 77, p. 287-310, 2001.

NUNES, C.S.; BAPTISTA, A.O. implicações da reação de Mailard nos alimentos e nos sistemas biológicos. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, Lisboa, v.96, p.53-59, 2001.

NUTRITION AND HEALTH COLLECTION. Danone Research Center. Nutritional recommendations. **Lipids from alpha to omega**. Paris: John Libbey Eurotext; 1999.

OATWAY, L.; VASANTHAN, T.; HELM, J. H. Phytic acid. **Food Reviews International**, New York, v.17, n.4, p.419- 431, 2001.

OOMAH, B.D., KENASCHUK, E.O., MAZZA, G. Phenolic acids in flaxseed. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Columbus, v.43, p.2016-2019, 1995.

_____. Tocopherols in flaxseed. **Journal Agriculture and Food Chemistry**, Columbus, v.45, p.2076-2080, 1997.

PAIK, H. T.; SHIM, J. E.; JOUNG, H.; NAM, G.; LEE, J.; SHIM, J. E. Bioavailable zinc intake of Korean adults in relation to the phytate content of Korean foods. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v.17, p.713-724, 2004.

PAPAS, A.M. Diet and antioxidants status. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v.37, p.999-1007, 1999.

PHILIPPI, S. T. **Nutrição e técnica dietética**. Barueri: Manole, 2003.390 p.

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

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 10. ed. São Paulo : Nobel, 1982. 430 p.

- POSSAMAI, T.N. **Elaboração do pão de mel com fibra alimentar proveniente de diferentes grãos, sua caracterização físico-química, microbiológica e sensorial.** Curitiba, 2005, 82p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos), Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.
- PRETLOW, T.P., O,RIORDAN, M.A., SOMICH, G.O., AMINI, S.B., PRETLOW, T.G. Aberrant crypts correlate with tumor incidence in F344 rats treated with azoxymethane and phytate. **Carcinogenesis**, Oxford, v.13, n.9, p.1509-1512, 1992.
- PRICE, M.L.; HAGERMAN, A.E.; BUTLER, L.G. Tannin content of cowpeas, chickpeas, pigeonpeas and mung beans. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v.28, n.2, p.459- 461, 1980.
- QAROONI, J. **Flat bread technology.** New York, Chapman & Hall, 1996. 275 p.
- RAMANATHAN, L., DAS, N.P. Natural products inhibit oxidative rancidity in salted cooked ground fish. **Journal Food of Science**, Chicago, v.58, n.2, p.318-320, 360, 1993.
- REDDY, N. R.; SATHE, S. K.; SALUNKHE, D. K. Phytates in legumes and cereals. **Advances in Food Research**, San Diego, v.28, p.1-92, 1982.
- REINOLD, R. M. Produtos utilizados para melhorar a estabilidade físico-química da cerveja. **Engarrafador Moderno**, São Paulo, n. 52, p. 56-58, jul./ago. 1997.
- SALGADO, L.B. Culturas fibrosas - linho. **Guia Rural Abril**, Campinas, v.2, n.esp., p. 202-203, 1988.
- SANTOS, M.A.T.; NEPOMUCENO, I.A.S.; ABREU,C.M.P.; CARVALHO,V.D. Teores de Polifenóis de caule e folhas de quatro cultivares de abacaxizeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 274-276, ago. 2001.
- SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. **Análises químicas em plantas.** Piracicaba: USP/ESALQ, 1974. 56 p.
- SERVIÇONACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL. **Panificação: tecnologia e prática de fabricação.** Piracicaba, 2004, 72 p.
- SHAHIDI, F., WANASUNDARA, P.K.J.P.D. Phenolic antioxidants. **Critical, Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v.32, n.1, p.67-103, 1992.
- SHAMSUDDIN, A.M. Phytate and colon-cancer risk. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.55, n.2, p.478, 1992.

SHUKLA, V.K.S., WANASUNDARA, P.K.J.P.D., SHAHIDI, F. Natural antioxidants from oilseeds. In: SHAHIDI, F., Ed. **Natural antioxidants: chemistry, health effects and applications**. Champaign: AOCS Press, 1997. p.97-132.

SOCOL, M.C.H; OETTERER, M. Seafood as functional food. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Reading, v. 46, n.3, p.443-454, June 2003.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. **Sas/Qc Software: usage and referente**. 2 ed. Cary, 1998. 2v.

STONE, E. J. Quantitative descriptive analysis. In: HOOTMAN, R.C. (Ed.). **Manual on descriptive analysis testing**. West. Conshohoken: ASTM, 1992 (Manual Series MNL, 13).

SWAIN, T.; HILLIS, W.E. The phenolic constituents of *Prunus domestica* I.- The quantitative Analysis of Phenolic Constituents. **Journal of Science and Food Agricultural**, Chichester, v.10, p. 63-68, 1959.

THOMPSON, W. A., LOWRY, S.F. Effect of nutrition on inflammatory mediators. In: ZALOGA, G.P. **Nutrition in critical care**. St Louis: Mosby, 1994. p.505-23.

UNIVERSIDADE DE CAMPINAS. **Tabela brasileira de composição de alimentos**. 2.ed. Campinas: NEPA – UNICAMP, 2006. 113 p.

VELIOGLUS, Y. S.; MAZZA, G.; GAO, L.; OOMAH, B. D. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables and grain products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Davis, v. 46, n. 10, p.4113-4117, 1998.

WAITZBERG, D.L. **Nutrição oral, enteral e parenteral na prática clínica**. 3.ed. São Paulo: Atheneu, 2001.1858p.

WANASUNDARA, P.K.J.P.D., SHAHIDI, F., SHUKLA, V.K.S. Endogenous antioxidants from oilseeds and edible oils. **Food Reviews International**, Chicago, v.13, n.2, p.225-292, 1997.

WETTASINGHE M., SHAHIDI F. Antioxidant and free radical-scavenging properties of ethanolic extracts of defatted borage (*Borago officinalis* L.) seeds. **Food Chemistry**, Kidlington, v.67, p.399-414, 1999.

WHITE, E.M. Structure and development of oats. In: WELCH, R.W. **The oat crop**. London: Chapman & Hall, 1995. chap.4, p.88-119.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Joint Consultation: fats and oils in human nutrition. **Nutrition Reviews**, Washington, v. 53, n.7, p. 202-205, 1995.

ZHOU, J.R., ERDMAN, J.W. Phytic acid in health and disease. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v.35, n.6, p.495-508, 1995.