



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DOS ALIMENTOS  
CURSO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

**LIANA STOLL**

**UTILIZAÇÃO DE FIBRA DE LARANJA COMO SUBSTITUTO  
DE GORDURA EM PÃO DE FORMA**

Porto Alegre

2012

**LIANA STOLL**

**UTILIZAÇÃO DE FIBRA DE LARANJA COMO SUBSTITUTO  
DE GORDURA EM PÃO DE FORMA**

**Trabalho de conclusão de curso de Graduação  
apresentada ao Curso de Engenharia de Alimentos  
da Universidade Federal do Rio Grande do Sul,  
como requisito parcial para obtenção do Título de  
Engenheiro de Alimentos.**

**Orientadora: Profa. Dra. Roberta Cruz Silveira Thys**

**Coorientadora: Profa. Dra. Simone Hickmann Flores**

Porto Alegre

2012

**LIANA STOLL**

**UTILIZAÇÃO DE FIBRA DE LARANJA COMO SUBSTITUTO  
DE GORDURA EM PÃO DE FORMA**

Trabalho de conclusão de curso de Graduação  
apresentada ao Curso de Engenharia de Alimentos  
da Universidade Federal do Rio Grande do Sul,  
como requisito parcial para obtenção do Título de  
Engenheiro de Alimentos.

Conceito final \_\_\_\_\_

Aprovada em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Msc. Carlos Henrique Pagno. ICTA/UFRGS

---

Prof. Dra. Florência Cladera Olivera. ICTA/UFRGS

---

Orientadora – Profa. Dra. Roberta Cruz Silveira Thys. ICTA/UFRGS

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais, Raul e Silvani, pelo suporte e apoio incondicional, compreensão, amor e dedicação durante toda a caminhada até a conclusão do curso.

Às minhas irmãs, Paula e Júlia, que são acima de tudo minhas companheiras, que me alegraram e inspiraram nos momentos mais difíceis.

Ao Diogo, pelo apoio e compreensão ao longo da execução deste trabalho.

Aos professores do ICTA, em especial minha orientadora Roberta Thys, que esteve sempre muito presente e disposta a me auxiliar.

A coorientadora Simone, que prontamente me auxiliou em diversas etapas do trabalho, e as sua mestranda Tainara, que forneceu as fibras de laranja para que pudesse realizar os testes preliminares.

Ao interesse e empenho da Cristina, que não mediu esforços, me auxiliando em diversas etapas do trabalho, (colocando a mão na massa, literalmente).

À Renata, que pacientemente me auxiliou em todas as análises de DSC, além de dar sugestões e críticas construtivas que melhoraram a qualidade do trabalho, e a Lígia, que forneceu o laboratório para a realização das análises.

A amiga e colega Jaslin, pelo auxílio ao longo das atividades.

Ao Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos e sua equipe, pela infraestrutura oferecida.

“E aqueles que foram vistos dançando, foram julgados insanos por aqueles que não podiam escutar a música”.

Friedrich Nietzsche

## RESUMO

O presente estudo foi realizado com a finalidade de avaliar os efeitos da substituição total da gordura em pães de forma através da utilização de fibra de casca de laranja, um subproduto industrial, na faixa de 0 a 5%. A adição da fibra de laranja foi combinada ao uso de alfa-amilases de origem fúngica e bacteriana (10 a 50ppm), realizando-se planejamento experimental fatorial  $2^2$ , com repetição do ponto central. Uma formulação Controle, sem fibras, sem enzimas e com 2% de gordura também foi realizada. A qualidade dos pães foi avaliada através de análises de shelf-life para o período de 7 dias, através do Índice de Retrogradação (via DSC), além das análises de volume, coloração do miolo, atividade de água e análise sensorial. A presença da fibra de laranja associada ao uso de enzimas contrapôs os possíveis efeitos negativos causados pela ausência da gordura para as faixas de fibra e enzima estudadas, permitindo a obtenção de pães de qualidade, fonte de fibras e livre de gordura. A adição de 2,5% de fibra de laranja combinada ao uso de 30ppm de alfa-amilase causou aumento de volume dos pães (23%), onde a textura dos pães, medida por análise sensorial, não foi prejudicada pela retirada da gordura.

**Palavras-Chave:** Pão. Fibra de laranja. Substituição de gordura. Alfa-amilase, Retrogradação.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Pães das formulações estudadas .....	45
---	----

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Detalhamento do planejamento experimental $2^2$ realizado .....	41
Tabela 2 - Formulações de pão de forma testadas .....	42
Tabela 3 - Valores obtidos para os parâmetros $L^*$ , $a^*$ e $b^*$ dos ensaios realizados .....	45
Tabela 4 - Valores de $\Delta H$ de gelatinização e retrogradação dos ensaios realizados .....	46
Tabela 5 - Volume e Atividade de água.....	48
Tabela 6 - Resultado do teste de aceitação das formulações testadas .....	49



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>12</b>
3.1	PÃO.....	12
3.2	INGREDIENTES NA PANIFICAÇÃO .....	12
3.2.1	Farinha de Trigo.....	12
3.2.2	Água .....	14
3.2.3	Sal .....	14
3.2.4	Fermento Biológico.....	15
3.2.5	Glúten Vital de Trigo.....	16
3.2.6	Gordura Vegetal Hidrogenada .....	16
3.2.7	Açúcar Cristal .....	17
3.3	ADITIVOS USADOS NA PANIFICAÇÃO .....	18
3.3.1	Monoglicerídeos .....	18
3.3.2	Ácido Ascórbico .....	19
3.3.3	Enzimas.....	19
3.4	ENZIMAS UTILIZADAS EM PANIFICAÇÃO.....	20
3.4.1	Enzimas Amilolíticas .....	21
3.4.2	Beta-amilase .....	22
3.4.3	Alfa-amilase .....	22
3.5	A GORDURA NA PANIFICAÇÃO.....	24
3.5.1	O consumo de gordura e seus efeitos sobre a saúde .....	25
3.6	SUBSTITUTOS DE GORDURA .....	26
3.6.1	Tipos de Substitutos de Gordura e sua terminologia .....	27
3.6.2	Substitutos de gordura a base de lipídios .....	28
3.6.3	Substitutos de gordura a base de proteínas.....	28
3.6.4	Substitutos de gordura a base de carboidratos .....	29
3.6.5	Fibras utilizadas como substituto de gordura .....	31
3.7	A FIBRA DE LARANJA .....	32
3.7.1	Caracterização e composição da fibra de laranja.....	33
3.7.2	Aplicações da fibra de laranja .....	35
<b>4</b>	<b>ARTIGO</b> .....	<b>37</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>55</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>56</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A busca por uma alimentação saudável faz com que os consumidores procurem cada vez mais por produtos que aliem saúde ao prazer de um alimento palatável. As tendências por sensorialidade e prazer podem ser explicadas pelo aumento do nível de educação, informação e renda da população, aumento na expectativa de vida, entre outros (MADI *et al.*, 2011; SIRÓ *et al.*, 2008). Este novo perfil de consumidores impulsionou o crescimento de um novo e competitivo segmento na indústria de alimentos, que busca desenvolver produtos com redução substancial de gordura, sem comprometer o sabor de seus produtos (BENNET, 1992; CANADA, 2010).

A gordura exerce grande influência nos processos de panificação, principalmente no volume do pão e na manutenção de sua qualidade após a cocção. A dispersão das partículas de gordura na massa permite que o pão fique macio e palatável por um período de tempo prolongado, além de contribuir para a liberação de um perfil aromático característico (LAWSON, 1995; STAUFFER, 2007). Apesar de sua importância na tecnologia de panificação, o alto consumo de gordura saturada aumenta a taxa de colesterol no sangue e está diretamente relacionado às doenças cardiovasculares, obesidade e outras disfunções no organismo (APM, 2012; OBESITY IN AMERICA, 2012).

Segundo Benassi, Watanabe e Lobo (2001), a maneira mais tradicional de se obter redução calórica em produtos de panificação é através da substituição parcial dos ingredientes calóricos por fibras. Os efeitos benéficos à saúde proporcionados pela ingestão de fibras impulsionam a busca por novas fontes deste ingrediente (SANTANA; GASPARETTO, 2009; MARÍN *et al.*, 2007; FERNANDEZ-LÓPEZ *et al.*, 2009). A alta capacidade de retenção de água da fibra a torna um potencial ingrediente substituto de gordura, e, portanto, tem sido alvo de estudo em diversos alimentos (BORTOLUZZI, 2009; CÂNDIDO; CAMPOS, 1995; MONTEIRO *et al.*, 2006; ROMERO-LOPEZ *et al.*, 2011).

O processo industrial de suco de laranja é uma das fontes de fibra em potencial, onde 50% do peso da fruta, subutilizado e rico em fibras, é destinado à ração animal (SANTANA; GASPARETTO, 2009). Desta forma, a exploração desse subproduto é interessante do ponto de vista econômico e ambiental, já que sua utilização reduz os resíduos da indústria, agrega valor ao subproduto e ainda, valor nutricional aos alimentos onde o mesmo é aplicado (FERNÁNDEZ-LÓPEZ *et al.*, 2009).

Segundo Monteiro *et al.* (2006), quando adicionadas em produtos cárneos, assados e extrusados, as fibras podem fornecer integridade estrutural, volume, capacidade de homogeneização, adesividade e estabilidade de prateleira em produtos com gordura reduzida. A adição de fibras em produtos de panificação tem sido amplamente estudada, onde efeitos como redução de volume e alteração das propriedades viscoelásticas da massa são relatados (KATINA *et al.*, 2005; WANG; ROSELL; BARBER, 2002). A fim de contrabalancear tais efeitos, é comum o uso de enzimas que atuem sobre a reologia da massa (KATINA *et al.*, 2005).

É importante ressaltar que o envelhecimento do pão está intimamente relacionado ao endurecimento resultante da sinerese - perda de água, a qual pode ser monitorada através de sua firmeza ou do grau de retrogradação da amilopectina (PURHAGEN; SJOO; ELIASSON, 2011).

Considerando a atual tendência por produtos ricos em fibras e com teor reduzido de gordura, aliado à importância de minimizar os impactos ambientais gerados pela indústria de alimentos, este trabalho tem como objetivo verificar os efeitos da utilização de fibra de laranja comercial na substituição de gordura em pão de forma, combinado ao uso de enzimas. Através de um planejamento experimental, foram analisadas as características que traduzem a qualidade dos pães (volume, atividade de água, coloração do miolo), análise sensorial e a evolução de seu *shelf-life*, avaliado através do Índice de Retrogradação, medido por calorimetria diferencial de varredura, no período de 7 dias.

## 2 OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo avaliar a fibra de laranja como potencial substituto de gordura em pão de forma. A fim de contrabalancear os possíveis efeitos negativos causados pela adição da fibra e ausência de gordura, fez-se uso da adição de enzimas.

Os efeitos foram avaliados através de análise sensorial, análise de volume, atividade de água, cor do miolo e acompanhamento do *shelf-life* dos pães no período de 7 dias.

### **3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 PÃO**

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

O pão é um dos alimentos de primeira necessidade, encontrando-se na base da dieta populacional. Conforme dados da ABIP (Associação Brasileira da indústria da Panificação e Confeitaria) (2009) o segmento de panificação é composto por mais de 63 mil panificadoras em todo o país, estando entre os maiores segmentos industriais do Brasil. Em 2009, o consumo médio anual de pão no país foi de 33,5 kg per capita (incluindo pães feitos a base cereais como aveia, milho, etc.).

#### **3.2 INGREDIENTES NA PANIFICAÇÃO**

Os ingredientes básicos para a produção de pães são: farinha de trigo, sal, fermento e água. Além destes, podem ser adicionados outros ingredientes a fim de se otimizar as qualidades sensoriais e tecnológicas dos pães como: açúcares, glúten, agentes reforçadores do glúten, enzimas, gorduras, entre outros. A escolha dos ingredientes depende das características que se deseja dar ao pão, considerando que cada componente contribui de forma diferente para a obtenção de um produto final de qualidade.

##### **3.2.1 Farinha de Trigo**

A farinha, sem outro qualitativo, é o produto obtido a partir da moagem do endosperma do grão de trigo até obter quantidades que oscilam entre 70 e 80% de grão limpo (SALINAS, 2002). De acordo com a Portaria nº 354, de 18 de julho de 1996, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), a farinha de trigo é o

produto obtido a partir da espécie *Triticum seativan* ou de outras espécies do gênero *Triticum* reconhecidas (exceto *Triticum durum*).

Para a obtenção de diferentes tipos de farinha, reúnem-se partidas de trigo adequadas ao destino, geralmente à panificação ou à produção de massas. Esse trabalho é realizado no moinho de farinhas, que armazena trigos semelhantes em variedade, qualidade, umidade, entre outras características (SALINAS, 2002). Para farinhas destinadas à panificação, fatores como qualidade e quantidade de proteínas, capacidade de absorção de água e atividade de alfa e beta amilases são de grande importância. Dependendo do grau da variedade e do grau de extração dos grãos, obtêm-se farinhas de diferentes composições (OWENS, 2001).

Das propriedades da farinha de trigo requeridas para um bom processo de panificação, a viscoelasticidade adquirida ao misturar-se farinha e água é uma das mais importantes. Essa viscoelasticidade depende da ação mecânica combinada à adição da água, onde as proteínas gliadina e glutenina unem-se por pontes de sulfeto, formando a rede de glúten (OWENS, 2001). Essa rede deve ser forte o suficiente para reter o dióxido de carbono gerado durante a fermentação. Segundo Owens (2001), o percentual mínimo de glúten na farinha para uma boa panificação é de 11%.

A farinha de trigo é basicamente composta por amido, polissacarídeos não amiláceos (pentosanas), proteínas formadoras de glúten, proteínas solúveis em água, lipídeos e compostos inorgânicos (cinzas). O amido representa o principal componente da farinha, correspondendo a 65% de sua composição. Este é composto por 23% de amilose e 73% de amilopectina (OWENS, 2001).

As pentosanas, polissacarídeos não amiláceos, representam apenas de 2 a 2,5% da farinha de trigo. Também conhecidas como hemiceluloses ou xilanas, as pentosanas são compostas por um grupo heterogêneo de macromoléculas, onde 80% delas são cadeias de xilanas. Além das xilanas, uma grande quantidade de arabinogalactanas compõe o grupo de pentosanas. Aproximadamente 65% da pentosanas são insolúveis em água, onde as xilanas representam a maior parte delas. A porção solúvel é composta por arabinoxilanas e arabinogalactanas e estas possuem influência na viscoelasticidade da massa de pão. Quando adicionadas de um agente oxidante, as pentosanas tem a capacidade de formar géis através de

ligações covalentes formadas entre as pentosanas solúveis e as pentosanas insolúveis em água (OWENS, 2001).

Os lípidos no trigo variam de 2 a 3,5% (no gérmen, de 6 a 11%; na casca, de 3 a 5%; no endosperma, de 1 a 1,5%) em maior ou menor grau na farinha de trigo dependendo do grau de extração.

As enzimas presentes na farinha de trigo são alfa-amilase, beta-amilase e glucoamilase, responsáveis pelo rompimento das ligações glicosídicas do amido (hidrólise), diminuição da viscosidade e formação de açúcares pelas leveduras, durante o processo de fermentação (HOSENEY, 1994).

### **3.2.2 Água**

A água desempenha papel primordial na formação da massa, onde, além de hidratar a farinha e permitir a união das proteínas que caracterizam a formação do glúten, controla a temperatura e fornece consistência à massa. Ainda, a hidratação dos grânulos de amido, torna-os mais digeríveis e fornece um meio propício à atividade enzimática, o que propicia uma boa fermentação do pão (VITTI, 2001).

A qualidade da água, bem como seu grau de dureza, interferem na elaboração da massa de pão. O grau de dureza da água indica a quantidade de íons de cálcio e magnésio em partes por milhão. Para panificação, o ideal é que se tenha uma água de dureza média, entre 100 e 150 partes por milhão. O pH da água também é de grande importância, pois permite boa atividade enzimática e atuação do fermento. Utilizar uma água de pH levemente ácido é aconselhável para um processo de panificação satisfatório (CANELLA-RAWLS, 2005).

### **3.2.3 Sal**

O sal é um dos ingredientes fundamentais na panificação, pois além de dar sabor ao pão, atua no desenvolvimento da rede de glúten e melhora a coloração do miolo e crosta. Durante o amassamento, o sal reforça as propriedades plásticas da massa, melhorando sua coesividade e elasticidade. Além disso, suas propriedades higroscópicas interferem no *shelf life* do pão, retardando seu processo de

ressecamento, intimamente relacionado com a retrogradação do amido (CALVEL; WIRTZ, 2001).

A quantidade indicada de sal para panificação varia em torno de 2%, sobre o peso de farinha. Na sua presença o fermento perde parte de sua umidade, desacelerando o processo de fermentação. Desta forma, seu uso em excesso pode causar redução no volume da massa. Sem o sal, ou em quantidade inferior à necessária, o fermento tende a multiplicar-se muito rapidamente, perdendo sua atividade precocemente (CANELLA-RAWLS, 2005).

### **3.2.4 Fermento Biológico**

O fermento biológico é formado por células de *Saccharomyces cerevisiae*, um grupo de leveduras muito utilizado na fabricação de bebidas alcoólicas, pães, bolos e biscoitos. Os fungos são seres unicelulares que possuem enzimas capazes de digerir açúcares, alimentando-se e garantindo energia para seu desenvolvimento (DIMUZIO, 2009).

No processo de panificação, a principal função do fermento é induzir a fermentação dos açúcares e produzir CO<sub>2</sub>, que ficará retido nos alvéolos da massa conferindo maciez e volume ao pão (DIMUZIO, 2009). Além disso, não apenas seu poder fermentativo tem importância no processo de panificação, mas os compostos aromáticos e flavorizantes produzidos e o relativo aumento vitamínico resultante da fermentação de um alimento que, por ser feito comumente com farinhas altamente refinadas, se mostra muito pobre nelas (SALINAS, 2002).

Os fermentos biológicos, de acordo com o seu teor de umidade, podem ser classificados como “fermento biológico seco” ou “fermento biológico fresco”. O fermento biológico fresco contém de 72 a 75% umidade, enquanto o fermento biológico seco contém de 1 a 4%. Ainda podem ser classificados como instantâneos, quando podem ser adicionados direto à farinha de trigo, ou não instantâneos, quando estes precisam ser ativados e por isso, hidratados com água morna antes de serem adicionados à farinha (BRASIL, 1977; PHILIPPI, 2006).



### 3.2.5 Glúten Vital de Trigo

As proteínas presentes na farinha de trigo tem a capacidade de formar uma massa coesa e viscoelástica ao sofrerem o processo de hidratação, combinada a ação mecânica. Esta coesividade deve-se à formação do glúten, quando as proteínas glutenina e gliadina unem-se por pontes sulfeto, formando uma rede capaz de aprisionar os gases formados na fermentação, garantindo volume e maciez ao pão (OWENS, 2001).

As características dos produtos panificáveis fermentados dependem fortemente da formação da rede de glúten. Isto é necessário não apenas para aprisionar o gás formado através do processo fermentativo, mas também para fazer uma contribuição direta para a formação de uma estrutura de miolo celular, que após o cozimento confere textura e qualidades bastante diferentes a partir de outros produtos assados (OWENS, 2001).

O glúten vital é um concentrado proteico, composto por aproximadamente 80% de proteína, na forma de pó de coloração branco-acinzentada quando extraído de massas de trigo. Quando em contato com água, o glúten vital se reidrata rapidamente, readquirindo suas funcionalidades intrínsecas (CZUCHAJOWSKA; PASZCZYŃSKA, 1996). Seu uso é recomendado para a produção de pães especiais (com adição de fibras, gérmen, uvas passas e outros ingredientes inertes). Sua adição também é recomendada para reforçar formulações onde a farinha de trigo utilizada contenha baixa quantidade ou qualidade de glúten (RANHOTRA; GELROTH; EISENBRAUN, 1992).

### 3.2.6 Gordura Vegetal Hidrogenada

Por definição, gorduras vegetais são os produtos constituídos principalmente por glicerídeos de ácidos graxos de espécies vegetais. Podem conter pequenas quantidades de outros lipídeos como fosfolipídeos, constituintes insaponificáveis e ácidos graxos livres naturalmente presentes no óleo ou na gordura (BRASIL, 2005). Lipídeos são estruturas apolares, praticamente insolúveis em água, onde mais de 95% de seu peso é representado por TAGs (triacilgliceróis ou triglicerídeos),

formados pela combinação enzimática de glicerol com três ácidos graxos (LUSAS, 2007).

A gordura vegetal hidrogenada é a gordura que sofreu processo de hidrogenação, resultando em um produto com ponto de fusão mais alto e de consistência mais firme. Estas características devem-se à orientação linear adquirida pelas moléculas trans e ao aumento no índice de saturação causado pela hidrogenação. Como resultado, tem-se uma gordura de boa palatabilidade e textura (LUSAS, 2007).

A gordura melhora as características sensoriais de pães e produtos fermentados, interferindo na textura e maciez do miolo, além de aumentar a vida de prateleira dos produtos panificados. Ao formar uma barreira física entre os grânulos de amido, a gordura impede a saída da água, mantendo a umidade do pão por mais tempo e evitando a retrogradação do amido, o que se traduz em ressecamento precoce. Os efeitos aumentam com níveis crescentes de adição, que variam entre zero (pão francês) a cerca de 10% do peso da farinha, em pães de massa doce (CAUVAIN, 2007).

### **3.2.7 Açúcar Cristal**

Açúcar é a sacarose obtida da cana-de-açúcar (gênero *Saccharum officinarum*) ou de beterraba açucareira (gênero *Beta alba, L.*), por processos industriais adequados. O açúcar é classificado de acordo com seu percentual de sacarose, onde o açúcar cristal contém no mínimo 99,3% deste composto (BRASIL, 1978; SALINAS, 2002).

O açúcar é adicionado em produtos panificados tanto pelo sabor que propicia, quanto pela garantia de uma boa fermentação, servindo de substrato para as leveduras presentes (DIMUZIO, 2009). Segundo Alegret e colaboradores (2004), dependendo da quantidade de açúcar utilizada, não apenas o sabor, mas também a cor e a textura dos pães serão afetadas. Os açúcares não consumidos durante o processo de fermentação ficam suscetíveis a reações não enzimáticas (Reação de Maillard), desenvolvendo coloração na crosta.

### 3.3 ADITIVOS USADOS NA PANIFICAÇÃO

De acordo com o Resolução nº 383, de 5 de agosto de 1999, que regulamenta o uso de aditivos alimentares para produtos de panificação e biscoitos, as principais categorias funcionais de aditivos previstas para panificação são os emulsificantes, os melhoradores de farinha e os conservantes. A categoria de melhoradores de farinha engloba aditivos que atuam como agentes oxidantes, como agentes branqueadores de farinha e também algumas enzimas.

Os aditivos podem alterar o comportamento reológico das massas, melhorando características de extensibilidade e elasticidade, características estas intrínsecas à rede de glúten. Outra função extremamente importante dos aditivos é o prolongamento do *shelf life*, reduzindo as perdas do fabricante por retorno de produto, além de proporcionar maior segurança contra falhas no processo, como por exemplo, períodos prolongados de amassamento mecânico ou fermentações mais longas (SENAC, 2009).

Todos estes efeitos dos aditivos resultam em melhor qualidade do produto final. No entanto, é importante salientar que a obtenção destes benefícios só é possível com a utilização correta dos aditivos, ou seja, sua dosagem deve ser sempre adequada ao tipo de farinha, ao produto final desejado e ao processo de panificação que se está utilizando (SENAC, 2009).

#### 3.3.1 Monoglicérides

Os monoglicérides são os emulsificantes mais utilizados em alimentos. Quando aplicados em panificação, possuem características multifuncionais, onde suas maiores atribuições são: auxiliar na mistura e emulsificação dos componentes da massa, favorecer a maciez dos pães e beneficiar a interação entre os componentes da farinha e demais ingredientes da mistura. Amaciar a crosta e reduzir a pegajosidade da massa também são características destes emulsificantes. Ao se complexarem com a amilose, os monoglicérides dificultam sua recristalização (retrogradação) e a perda de água liberada neste processo (sinerese) (ORTHOEFER, 2008).

Os produtos obtidos comercialmente apresentam uma mescla de mono e diglicerídeos, sendo obtidos a partir de uma interesterificação de triglicerídeos com glicerina, ou a partir da esterificação direta com ácidos graxos (ADITIVOS & INGREDIENTES, 2008).

### **3.3.2 Ácido Ascórbico**

Muitos produtos alimentícios são enriquecidos ou fortificados com vitaminas para otimizar processos ou aumentar o valor nutricional dos mesmos. O ácido ascórbico, ou vitamina C, é um composto solúvel em água e extremamente sensível a oxidação, atuando como anti-oxidante (IGOE, 2011).

Na panificação, o ácido ascórbico é um melhorador, utilizado com o objetivo de melhorar as propriedades da massa e fortalecer a rede do glúten, dando mais volume ao pão. Além disso, a adição de ácido ascórbico no pão provê um ambiente ácido, melhorando a atividade do fermento (CAUVAIN, 2007).

### **3.3.3 Enzimas**

As enzimas são proteínas com poderosa atividade catalítica. Sintetizadas por células biológicas em todos os organismos, as enzimas estão envolvidas em diversas reações químicas relacionadas ao metabolismo. Desta forma, as reações catalisadas por enzimas ocorrem naturalmente em muitos alimentos, melhorando ou reduzindo sua qualidade (BELITZ; GROSCH; SCHIEBERLE, 2009).

Na indústria de alimentos as enzimas possuem uma grande variedade de aplicações, sendo utilizadas desde queijos e vinhos, a xaropes e produtos panificados. Seu uso é considerado de grande benefício, visto que o uso de enzimas, além de poder gerar economia, faz com que não seja necessário recorrer a substâncias potencialmente tóxicas. Estes compostos protéicos contribuem também para a redução de resíduos procedentes dos tratamentos alimentícios tradicionais (FOOD INGREDIENTS, 2010).

Para a indústria de panificação, as enzimas auxiliam nos processos de elaboração, melhoram o *shelf life* e as propriedades sensoriais dos produtos, além de serem responsáveis por modificações positivas nos componentes da massa (FOOD INGREDIENTS, 2010).

### 3.4 ENZIMAS UTILIZADAS EM PANIFICAÇÃO

As enzimas têm se tornado cada vez mais importantes para a indústria de panificação. Usadas para otimizar as propriedades do forneamento e melhorar a qualidade dos produtos panificados, as enzimas mais comumente utilizadas são as alfa-amilases (maltogênicas, fúngicas e bacterianas), proteases e as hemicelulases. O efeito das enzimas na qualidade de produtos de panificação está relacionado com sua capacidade de alterar a reologia da massa e, portanto, influenciar as operações de moldagem e processamento (OWENS, 2001).

De acordo com Canilha *et al.* (2006) as principais enzimas utilizadas na indústria de panificação e suas respectivas aplicações são:

- Alfa-Amilases: aumentam a disponibilidade de açúcares fermentescíveis na massa, acarretando no aumento do volume do pão e melhorando a qualidade de tostagem e formação de aromas;
- Xilanases e Pentosanases: utilizadas para a hidrólise de arabinoxilanas, melhoram as propriedades reológicas da massa e facilitam o seu processamento, além de promover aumento no volume do pão;
- Lipases: melhoram o condicionamento da massa, aumentando a sua elasticidade e o volume do pão;
- Oxidases: utilizadas em substituição a outros oxidantes (ácido ascórbico) para reforçar a massa e aumentar sua elasticidade;
- Lipoxigenases: utilizadas como alvejantes na produção de pães com miolo branco;
- Proteases: alteram a elasticidade e a textura do glúten em biscoitos e crackers, permitindo a manutenção da forma e tamanho durante o processamento.

É importante ressaltar que o uso de enzimas torna-se indispensável para garantir a qualidade de pães especiais, como é caso dos pães com alta quantidade de fibras em sua formulação. Em um estudo realizado por Katina *et al.* (2005), a adição das enzimas alfa-amilase, xilanase e lipase em pães com farelo de trigo resultou no aumento de volume e redução na cristalização do amido, reduzindo o processo de envelhecimento do pão, quando comparado a um pão rico em fibras que não utilizava enzimas.

Steffolani (2010) avaliaram o efeito das enzimas glucose oxidase, transglutaminase e pentosanase sobre a qualidade dos pães. As alterações provocadas pelas enzimas sobre as proteínas do trigo foram avaliadas microscopicamente. A glucose oxidase modificou principalmente globulina, albumina e glutenina, formando grandes aglomerados protéicos, dando força à massa e gerando um pão de baixo volume específico. A transglutaminase formou grandes aglomerados proteicos, onde as redes formadas pela ação das enzimas acarretaram em uma massa pouco extensível e bastante resistente. O tratamento com pentosanases aumentou a solubilidade e interação de algumas proteínas, tornando a massa mais macia e formando um pão com maior volume específico (STEFFOLANI, 2010).

Em estudo realizado por Gandra *et al.* (2008) estudou-se a aplicação da enzima lipase e do emulsificante monoglicérido em pão de forma enriquecido com fibras, objetivando verificar a possibilidade de substituição do emulsificante pela enzima. Nas condições em que os ensaios foram conduzidos e para as faixas de lipase (0 a 50 ppm) e monoglicérido (0 a 2%) estudadas, verificou-se a possibilidade da substituição. Para os atributos aparência e textura, todos os ensaios apresentaram aceitação superior ao controle (sem adição de lipase e monoglicérido).

### **3.4.1 Enzimas Amilolíticas**

Considerando que o amido é um ingrediente muito utilizado na produção de alimentos e um dos polissacarídeos de reserva mais abundantes na natureza, é de grande interesse utilizar enzimas que quebrem esta grande molécula. Com sua estrutura complexa, as longas cadeias de amido necessitam de uma adequada

combinação de enzimas para atingir sua despolimerização até açúcares menores, como glicose e maltose (CABRAL; AIRES-BARROS; GAMA, 2003).

As enzimas amilolíticas desempenham um importante papel na degradação do amido, e são produzidas por microorganismos (fungos, bactérias) e cereais (malte). As amilases oriundas de microorganismos representam cerca de 25 a 33% do mercado mundial de enzimas (GANGADHARAN; SIVARAMAKRISHNAN, 2009).

### **3.4.2 Beta-amilase**

A  $\alpha$ -1,4 glicano-maltohidrolase, comumente conhecida como beta-amilase, é uma enzima extracelular que degrada amilopectina e glicogênio, hidrolisando cada segunda ligação  $\alpha$ -1,4, a partir dos terminais não redutores das cadeias (GANGADHARAN; SIVARAMAKRISHNAN, 2009).

Estas enzimas são largamente encontradas em grãos e possuem pH ótimo entre 6,5 e 7,0. O produto da sua ação sobre o amido é em grande parte formado por  $\beta$ -maltose (GANGADHARAN; SIVARAMAKRISHNAN, 2009).

### **3.4.3 Alfa-amilase**

A  $\alpha$ -1,4 glicano 4-glicanohidroxilase, comumente conhecida como alfa-amilase, é uma enzima extracelular que hidrolisa aleatória, porém simultaneamente ligações  $\alpha$ -1,4 não terminais de molécula de amilopectina, amilose, dextrinas e glicogênio, não atuando sobre as ligações  $\alpha$ -1-6. A hidrólise resulta em um produto que contém cerca de 70 a 90% de maltose, oligossacarídeos e dextrinas, além de pequenas quantidades de D-glicose (GANGADHARAN; SIVARAMAKRISHNAN, 2009).

A maioria das farinhas de trigo contém um nível adequado de beta-amilase, mas naturalmente contém um baixo nível de alfa-amilase. Por isso tornou-se comum fazer ajustes através da adição de alfa-amilases de outras fontes, como as alfa-amilases fúngicas ou bacterianas (WILLIAM; PULLEN, 2007).

Um estudo realizado por Queiji *et al.* (2006) avaliou a adição de alfa-amilase nas propriedades reológicas da massa de farinha de trigo. Foram testadas farinhas com 0,05, 0,15 e 0,30 gramas de alfa-amilase por quilograma da farinha de trigo, além de uma amostra controle (sem adição da enzima). Os resultados obtidos revelaram que o aumento na concentração da enzima provoca redução na absorção de água, melhora a tolerância ao processo mecânico e aumenta a extensibilidade da massa.

De acordo com William e Pullen (2007) a alfa-amilase fúngica costuma ser escolhida no Reino Unido devido a sua baixa temperatura de inativação. Esta propriedade reduz o risco de formação de um nível excessivo de dextrinas no pão nas fases posteriores do processo de cozimento. O efeito de um pão cozido com alta concentração de dextrinas será uma miolo pegajoso ao toque e uma crosta escura. Em pães fatiados este efeito surge mesmo com baixos níveis de formação de dextrina, dificultando o processo de fatiamento.

Outros fatores atribuídos ao uso de alfa-amilase fúngica em panificação é a melhora no salto de forno, garantindo aumento no volume. Este fato deve-se à ação da enzima nas temperaturas em que o amido é hidratado e sofre o processo de gelatinização, tornando-se vulnerável ao ataque das enzimas (WILLIAM; PULLEN, 2007).

A alfa-amilase maltogênica apresenta um diferente modo de atuação quando comparada a alfa-amilases de outras origens. A grande diferença está nas temperaturas da curva de inativação da enzima, que, por serem mais altas, permitem que as alfa-amilases maltogênicas tenham ação prolongada. Esta propriedade pode ser considerada um benefício, ou um risco, onde a adição abusiva desta enzima promove a formação excessiva de dextrinas. Desta forma, a quantidade de alfa-amilase maltogênica adicionada é um fator de grande importância quando se deseja garantir qualidade, maciez e volume ao pão (WILLIAM; PULLEN, 2007).

A ação da alfa-amilase maltogênica, de um modo geral, ocorre sobre os grânulos de amido, fazendo com que haja um retardo na sua recristalização e conseqüentemente um retardo no envelhecimento do pão, o que acarreta em um maior *shelf life* (DOLATTO, 2012).



É importante salientar que alfa-amilases de diferentes origens podem ser usadas de forma combinada, gerando efeito sinérgico. Através de testes de desenvolvimento comparativos, o uso combinado de alfa-amilases fúngicas e maltogênicas em pães com fibras/integrais/light gerou resultados de maciez e elasticidade superiores a pães que utilizavam apenas um tipo de alfa-amilase (DOLATTO, 2012).

O efeito de um combinado de enzimas (alfa-amilase, xilanase e lipase) sobre pães com farelo de trigo foi estudado por Katina *et al.* (2005). Os pães foram analisados por 6 dias corridos a fim de avaliar seu endurecimento. Os melhores resultados para firmeza de miolo e cristalinização da amilopectina foi obtido para o do pão branco (sem farelo). O estudo confirmou a ação da alfa-amilase em pães com fibras, pois a adição da mesma resultou em redução da retrogradação do amido, retardando o endurecimento do pão provocado pelo ressecamento.

### 3.5 A GORDURA NA PANIFICAÇÃO

As gorduras exercem grande influência nos processos de panificação, principalmente no seu volume e na manutenção de sua qualidade após assado, garantindo não apenas um *shelf life* prolongado, como também um perfil aromático característico (STAUFFER, 2007).

A ação das gorduras sobre a massa é majoritariamente física, pois estas possuem a capacidade de posicionarem-se entre camadas de glúten, facilitando o deslizamento entre suas camadas. Esta inserção resulta na lubrificação da rede de glúten e em uma maior extensibilidade da massa. Em virtude desta ação, as gorduras proporcionam pães com maiores volumes em relação a pães produzidos sem gordura. O aumento de volume é significativo, usualmente em torno de 10 % (SENAC, 2009).

Além disso, as gorduras tornam a massa mais suave e macia, melhoram a textura do miolo e contribuem para retardar o envelhecimento do pão. A dispersão das partículas de gordura na massa permite que o pão fique macio e palatável por um período de tempo prolongado (LAWSON, 1995).

### 3.5.1 O consumo de gordura e seus efeitos sobre a saúde

Entre os fatores que influenciam o aumento de peso da população está o alto índice de consumo de alimentos gordurosos. Uma pesquisa realizada por Bray e Popkin (2012) acompanhou adolescentes e adultos chineses e demonstrou a relação direta entre uma dieta rica em lipídeos e os altos índices de massa corporal. Uma dieta rica em alimentos gordurosos eleva o consumo diário de calorias e aumenta as chances de adquirir sobrepeso e obesidade em crianças e adultos. A energia fornecida pela gordura é de 9 kcal/g, aproximadamente o dobro da energia fornecida por carboidratos e proteínas (BRAY; POPKIN, 2012).

O aumento da obesidade tem sido considerado um importante problema de saúde pública, atingindo tanto países desenvolvidos como países em desenvolvimento (YORK *et al.*, 2004). No Brasil, segundo dados do Ministério da Saúde de 2011, cerca de 30% das crianças do país têm sobrepeso e metade delas é obesa. Aproximadamente 15,8% da população adulta é obesa e 48,5 % esta acima do peso (sobrepeso).

As aceleradas modificações culturais, ambientais, econômicas e demográficas ocorridas nas últimas décadas poderiam ter causado mudanças nos padrões de ingestão dietética e gasto energético, o que possivelmente explicaria o processo de transição nutricional decorrente (YORK *et al.*, 2004).

Pessoas com sobrepeso e obesidade têm uma maior incidência de doenças do coração, e, assim, comumente são vítimas de ataque cardíaco, insuficiência cardíaca congestiva, morte súbita cardíaca, angina e arritmia cardíaca mais frequentemente do que aqueles que mantêm um índice de massa corporal saudável. Além disso, a obesidade causa hipertensão, a qual aumenta o risco de ataque cardíaco, derrame e insuficiência renal (OBESITY IN AMERICA, 2012).

Durante o processo de hidrogenação parcial de óleos vegetais, ocorre a reação de isomerização com formação dos ácidos graxos trans (gordura trans). As gorduras trans são triglicerídeos que contêm ácidos graxos insaturados com uma ou mais duplas ligações com configuração trans (MARZZOCO; TORRES, 2007). A ingestão excessiva de ácidos graxos trans acarreta malefícios à saúde, e tem sido associada ao desenvolvimento de uma série de fatores de risco que podem causar

doenças crônicas (VAZ et al., 2006), impactando os níveis de colesterol, enfraquecendo o sistema imunológico e contribuindo para a formação de placas gordurosas que favorecem o desenvolvimento de doenças cardiovasculares (APM, 2012).

### 3.6 SUBSTITUTOS DE GORDURA

A busca por uma alimentação saudável e saborosa faz com que os consumidores procurem cada vez mais produtos que aliem saúde ao prazer de um alimento palatável. Este perfil de consumidores impulsionou o crescimento de um novo e competitivo segmento na indústria de alimentos que busca desenvolver produtos com redução substancial de gordura, sem comprometer no sabor de seus produtos (BENNET, 1992).

A fim de atender as necessidades da indústria alimentícia, um grande número de ingredientes foi desenvolvido com a finalidade de substituir a gordura. Desta forma, mais de 200 ingredientes estão comercialmente disponíveis ou em fase de desenvolvimento para serem utilizados como substitutos de gordura em alimentos (ADITIVOS & INGREDIENTES, 2012). Estabilizantes, emulsificantes, espessantes e outros aditivos com propriedades específicas podem ser empregados, onde o substituto de gordura ideal seria um composto seguro que apresentasse todas as propriedades funcionais das gorduras, mas com baixo teor calórico (CÂNDIDO; CAMPOS, 1995).

As gorduras exercem diversas funções nos alimentos, tais como viscosidade, ponto e características de derretimento, espalhabilidade e estabilidade ao calor. Além disso, a gordura tem uma função importante na determinação das características sensoriais de produtos alimentícios, seja na aparência (brilho, translucidez, coloração, uniformidade da superfície e cristalinidade), textura (viscosidade, elasticidade e dureza), sabor (intensidade/liberação de flavor e perfil de sabor) ou no *mouthfeel* (derretimento e cremosidade) (ADITIVOS & INGREDIENTES, 2012). Desta forma, a redução da gordura nos alimentos deve levar em consideração o seu papel multifuncional, onde a atuação da gordura varia conforme a matriz alimentícia e desempenha uma função particular (AKOH, 1998).

### 3.6.1 Tipos de Substitutos de Gordura e sua terminologia

Diferentes termos têm sido usados para definir os ingredientes desenvolvidos para substituir a gordura (PINHEIRO, PENNA, 2004). Até o presente momento, não há uma terminologia adequada na Legislação Brasileira para a tradução das designações normalmente usadas em inglês: “*fat replacer*”, “*fat mimetic*”, “*fat substitute*” e “*fat extender*”. Uma aproximação destes termos à língua portuguesa e suas aplicações esta descrita a seguir (PINHEIRO; PENNA, 2004):

- “*Fat Replacer*” - repositores ou substitutos de gordura - termo coletivo que descreve qualquer ingrediente para ser usado no lugar da gordura;
- “*Fat Substitute*” - substitutos de gordura – composto sintético desenvolvido para repor a gordura na base peso por peso, tendo, usualmente, uma estrutura química similar à da gordura, mas resistente à hidrólise pelas enzimas digestivas;
- “*Fat Mimetic*” - imitadores de gordura – composto utilizado para imitar as características da gordura. Necessita de alto conteúdo de água, mas resiste à hidrólise por enzimas digestivas;
- “*Low-calorie fat*” - gorduras de baixas calorias – triglicerídeos sintéticos que combinam ácidos graxos não convencionais na cadeia de glicerol, resultando em reduzido valor calórico;
- “*Fat extender*” - extensores de gordura – sistema de gorduras que contém uma proporção de gorduras padrões ou óleos combinados com outros ingredientes.

De uma maneira geral, a classificação dos substitutos de gordura é baseada na sua origem e natureza química, que pode ser a base de proteínas, carboidratos, lipídios ou combinados. De acordo com a American Dietetic Association (ADA, 2005), é importante ressaltar que os substitutos de gordura podem conter calorias, e por isso é de responsabilidade dos fabricantes de alimentos assegurar-se de que o produto final não conterá apenas uma redução de gordura, mas também uma redução calórica.

### **3.6.2 Substitutos de gordura a base de lipídios**

Esta classe inclui ácidos graxos que sofreram alterações químicas com o intuito de reduzir o teor calórico das gorduras. As alterações podem decorrer da substituição de parte do glicerol da molécula de gordura por um álcool ou outro ácido, ou até mesmo da reversão da ligação éster à ligação éter (LIMA; NASSU, 1996). Os substitutos de gordura de base lipídica possuem características semelhantes às gorduras, com a diferença de, em alguns casos, serem isentos de valor energético, já que muitas vezes não são metabolizados pelo corpo humano (ADA, 2005).

Olestra é um substituto de gordura a base de lipídeos obtido a partir da síntese de ácidos graxos saturados e insaturados de óleos vegetais, podendo ser líquido ou sólido a temperatura ambiente. Não é absorvido pelo trato digestivo, é regulado e aprovado pela Food and Drugs Administration (FDA) e sua termoestabilidade permite que seja utilizado em frituras (ADA, 2005). Salatrim, uma mistura de tricilglicerídeos de cadeias curtas e longas, é uma gordura saturada que surge como opção entre os substitutos de gordura a base de lipídeos, que confere 5 kcal por grama parcialmente absorvidas pelo trato digestivo (ADA, 2005; STATE, 1999).

Monocaprina e a tricaprina têm sido utilizadas como substitutos de gordura, onde os triglicerídios e ácidos graxos de cadeia média são absorvidos pelo organismo, gerando aproximadamente 6,9 kcal/g, ou seja, são metabolizados de forma análoga aos carboidratos. Ensaio realizados em panificação revelaram que estes substitutos interferiram na formação da massa do pão e inibiram a fermentação (ROACH; HOSENEY, 1996).

### **3.6.3 Substitutos de gordura a base de proteínas**

Obtida a partir de proteínas de ovos e leite, esta classe de substitutos de gordura existe na forma de micropartículas e fornece de 1 a 4 kcal por grama. Estas partículas esféricas dão cremosidade aos alimentos de maneira similar às gorduras, incorporam água facilmente e melhoram a textura e viscosidade dos alimentos.

Apesar da cremosidade, sua ligação com as moléculas de água não permite que os substitutos a base de proteínas sejam utilizados para frituras (BROWN, 2007; ADA, 2005; AKOH, 1998).

Muito utilizados em cremes, sorvetes, queijos e produtos assados, os substitutos de gordura a base de proteína formam géis coloidais, reduzem a sinerese e fornecem sensação de lento “derretimento” quando levados à boca (BROWN, 2007). Além disso, a adição de substitutos de gordura protéicos melhora o batimento, a aeração e realça a cor dos alimentos (PINHEIRO; PENNA, 2004). De acordo com Brito *et al.* (2011), a adição de proteína de soro microparticulada em biscoitos integrais permitiu a substituição de até 45% da gordura, onde a substituição resultou em aumento de espessura e aumento de firmeza instrumental dos biscoitos.

Em panificação, os microparticulados protéicos (constituídos de partículas de formato esférico e tamanho menor que 3 mm) atuam como condicionadores e amaciantes da massa, melhorando a dispersão e o desempenho dos emulsificantes em sistemas com pouca gordura (BENASSI; WATANABE; LOBO, 2001; CÂNDIDO; CAMPOS, 1995).

### **3.6.4 Substitutos de gordura a base de carboidratos**

Os substitutos de gordura a base de carboidratos são usados em produtos lácteos, sobremesas, sorvetes, molhos para salada e produtos assados, onde atuam como espessantes ou estabilizantes. Exemplos destes substitutos são os amidos e as maltodextrinas, absorvidos pelo organismo, as fibras (celulose, hemicelulose, carboximetilcelulose) e os hidrocolóides (pectina, gelatina, goma guar, xantana, carragena, etc.) (BENASSI; WATANABE; LOBO, 2001; ADA, 2005). A termoestabilidade destes compostos permite que os mesmos sejam utilizados em produtos de panificação (DIAS, 2007).

Não sendo indicados para fritura, os substitutos desta classificação absorvem água e tem a capacidade de formar géis que impactam na textura, fato que os torna semelhantes à gordura quando analisados sensorialmente. Quando utilizados em produtos assados, geralmente na forma de gomas, estes ingredientes atuam com

espassantes e ajudam a reter a umidade dos produtos de panificação, retardando seu envelhecimento (ADA, 2005; CÂNDIDO; CAMPOS, 1995).

A celulose, polissacarídeo não calórico, é utilizada em produtos de laticínios, molhos, sobremesas geladas e temperos para saladas. É muitas vezes produzida como material microparticulado que, dispersado no alimento, se assemelha à fase gordurosa e tem a capacidade de formar gel, o que propicia uma sensação cremosa (IMESON, 1997; BENASSI; WATANABE; LOBO, 2001).

De acordo com Benassi, Watanabe e Lobo (2001), outro substituto de gordura pertencente a categoria das hemiceluloses são as beta-glucanas. Encontradas em maior concentração na cevada e aveia (2 a 6%), sendo a última muito pesquisada como fonte de fibras solúveis.

Os amidos e amidos modificados, geralmente produzidos a partir de batata, milho, aveia, trigo, mandioca e arroz, são muito utilizados em produtos de panificação com a função de substituir gorduras. Melhoram a aparência, o sabor, a textura, a vida útil e o valor nutricional de bolos, cookies, recheios, pães, e outros (LUNARDINI, 2005).

Um trabalho realizado pelo Instituto de Tecnologia de Alimentos de Campinas avaliou o efeito emulsificante das goma guar e xantana em bolos, com redução de gordura de até 100%. O efeito da adição das gomas resultou em ganho de volume, para substituições de até 60% da gordura, sem alteração das características intrínsecas do bolo entre as formulações testadas (ZAMBRANO; ORMENESE; PIZZINATTO, 2002). Em alguns casos, o tipo e a quantidade de emulsificante utilizado em bolos é fator determinante para uma boa substituição, visto que estes possuem diferentes proporções hidrofílicas e hidrofóbicas, o que interfere na água disponível para a atuação das gomas (KHAN, 1993).

Yang *et al.* (2001) conseguiram reduzir até 50% da gordura de salsichas tipo Frankfurt através da adição de goma carragena, amido modificado e isolados protéicos, gerando produtos sensorialmente semelhantes à formulação de salsicha com adição de gordura.

### 3.6.5 Fibras utilizadas como substituto de gordura

As fibras, polissacarídeos complexos não digeríveis pelo trato digestivo, fazem parte da classe de substitutos de gordura à base de carboidratos e não agregam calorias aos alimentos. As mais comumente utilizadas em alimentos são celulose, hemicelulose e carboximetilcelulose (BERRY, 2004).

Segundo Monteiro *et al.* (2006), quando adicionadas a produtos cárneos, assados e extrusados, as fibras podem fornecer integridade estrutural, volume, capacidade de homogeneização, adesividade e estabilidade de prateleira em produtos com gordura reduzida.

Segundo Benassi, Watanabe e Lobo (2001), a maneira mais tradicional de se obter redução calórica em produtos de panificação é através da adição de fibras, geralmente farelos de cereais. Embora o aumento no teor de fibras seja favorável à saúde, a redução calórica não é significativa, a menos que haja a redução de outros componentes da massa. A adição de farelos tende a diminuir o volume do pão e a torná-lo mais denso, e por isso é comum a utilização de glúten com o intuito de contrapor estes efeitos.

Tradicionalmente, a adição de fibras em produtos de panificação era relacionada a falhas no processo, como amargor e problemas de volume. Felizmente, muitos ingredientes a base de fibras vem sendo desenvolvidos e podem ser adicionados nos produtos de panificação sem grandes problemas tecnológicos (BERRY, 2004).

Fibersym (TM), da marca MGPI, é um produto a base de amido resistente derivado do milho que é composto de mais de 70% da fibra dietética. O seu sabor neutro, textura lisa e cor branca não afeta o sabor dos produtos de panificação ou a textura do produto acabado (BERRY, 2004).

A inulina é uma fibra solúvel, pré-biótica, e está presente em diversos vegetais como carboidrato de reserva. O'Brien *et al.* (2003) estudaram sua adição em pães de forma, na forma de pó e gel, comparativamente a adição de proteínas do leite (Simplese). Foram testadas concentrações entre 2,5% e 5% em relação à farinha de trigo, para ambos, como substitutos de gordura. A adição de inulina reduziu a absorção de água proporcionalmente ao aumento de sua concentração,



produzindo pães com volume similar aqueles que continham gordura vegetal. Por outro lado, sua adição causou acentuado aumento de dureza nas amostras.

Pães adicionados de farelo de trigo foram avaliados por Filho *et al.* (1997). A adição de 5%, 10%, 15% e 20% de farelo de trigo resultou em aumento da absorção de água e do índice de tolerância à mistura. A adição de 5% de farelo de trigo à massa-padrão levou à produção de pães com características tecnológicas próximas àquelas obtidas com a massa padrão.

NUTRIM X, desenvolvido pela USDA, é um produto originado de aveia ou cevada, é rico em beta-glucana, responsável pela redução de fatores de risco de doenças cardiovasculares. Tem sido utilizado em produtos de panificação, leite, queijo, sorvetes e refrigerantes (BERRY, 2004).

A fibra natural de citrus também é uma alternativa para produtos de panificação. De acordo com Berry (2004), o enriquecimento de pães com fibras pode ser conseguido com o derivado da polpa de citrus CITRI-FI (TM) da Fiberstar Inc. A fibra inibe a migração da umidade, tendo como resultado a distribuição mais uniforme da umidade em massas congeladas de pães e em produtos fresco, resultando em pães mais frescos, com melhor crosta e aroma, mesmo em pães com elevado teor de fibra e durante período prolongado de armazenamento.

### 3.7 A FIBRA DE LARANJA

O interesse em alimentos ricos em fibras tem aumentado nas últimas décadas, devido ao seu potencial de efeitos benéficos no trato intestinal e na prevenção de doenças degenerativas e crônicas, fato que impulsiona a busca por novas fontes deste ingrediente (SANTANA; GASPARETTO, 2009; MARÍN *et al.*, 2007; FERNANDEZ-LÓPEZ *et al.*, 2009).

As fontes naturais de fibras alimentares são frutas, raízes, legumes, tubérculos, grãos e cereais, onde a mais consumida e popular das fontes é a fibra de cereais. Entretanto, as fibras provenientes de frutas têm conquistado o mercado devido a sua qualidade nutricional, superior às fontes cereais, devido ao seu conteúdo de compostos bioativos como carotenoides e flavonoides (SANTANA; GASPARETTO, 2009; FERNÁNDEZ-LÓPEZ *et al.*, 2009).

A laranja é uma fruta cítrica altamente consumida no mundo todo, na forma de suco ou na forma in natura. Representando 10,2% da produção mundial de frutas no ano de 2010, onde o Brasil foi responsável por mais de 50% da produção total, a laranja contém nutrientes com vitamina A, B e C, minerais, fibra e compostos bioativos. Em 2010 a produção de laranjas no Brasil ultrapassou 18 mil toneladas (REZZADORI; BENEDETTI; AMANTE, 2012; USDA, 2010).

No processamento do suco de laranja, metade da laranja (em peso) é transformada em suco, onde a parte restante é composta por casca, polpa, sementes e folhas, e acaba por virar resíduo. Grande parte deste resíduo é utilizado para enriquecimento de solos e ração animal, o que causa poluição química e biológica de solos e águas subterrâneas (SCHIEBER; STINTZING; CARLE, 2001; REZZADORI; BENEDETTI; AMANTE, 2012), além do desperdício de uma matéria prima de alto valor agregado.

Como alternativa para gerenciar os resíduos da produção do suco de laranja, surge a implementação de novos processos para sua recuperação. A produção de pectina, biodiesel, óleos essenciais e compostos antioxidantes são algumas das utilidades que o resíduo gerado pode fornecer, quando bem gerenciado. Além de agregar valor e gerar renda, estas alternativas reduzem o impacto ambiental gerado (ASSOCITRUS, 2012; SCHIEBER; STINTZING; CARLE, 2001; REZZADORI; BENEDETTI; AMANTE, 2012).

Entre as fontes de fibras dietéticas, os resíduos gerados por frutas cítricas tem sido alvo de estudo, onde a casca e membranas desidratadas são fontes em potencial de fibras dietéticas. A polpa destas frutas demonstra ser fonte de fibras solúveis e insolúveis, as quais possuem propriedades tecnológicas específicas que permitem sua utilização como ingrediente na indústria alimentícia (MARTÍ *et al.*, 2011).

### **3.7.1 Caracterização e composição da fibra de laranja**

A fibra de laranja pode ser obtida de diferentes partes da fruta e de diferentes cultivares, onde sua composição dependerá também da sua forma de obtenção. Em geral, pode-se citar a pectina, lignina, celulose, hemicelulose como os principais

componentes da fibra de laranja, além dos compostos fenólicos, fitatos e oxalatos também presentes na fruta (MARÍN *et al.*, 2007; BORTOLUZZI; MARANGONI, 2006).

Alimentos enriquecidos com estes nutrientes são vendidos comercialmente na forma concentrada, geralmente obtida de resíduos da indústria alimentícia. O processo industrial de suco de laranja é uma das fontes de fibra em potencial, onde 50% do peso da fruta, subutilizado e rico em fibras, é destinado à ração animal (SANTANA; GASPARETTO, 2009).

O processamento da linha de extração do suco de laranja gera três produtos: bagaço, suco e polpa. Segundo Fernandez-López *et al.* (2004), os principais componentes dos produtos obtidos por resíduos de cítricos são, em ordem decrescente: celulose, lignina, pectina e hemicelulose. Um estudo realizado por Marín *et al.* (2007) avaliou a composição da fibra de laranja (sobre peso seco) que foi de 40,51% de celulose, 23,79 % de lignina, 10,07% de hemicelulose, 2,47% de flavonóides, 1,59% de pectina, 1,86% de gordura e 2,54% de açúcar;

Bortoluzzi e Marangoni (2006) realizaram o estudo da composição dos resíduos gerados pela extração de suco de laranja, submetendo-os ao processo de secagem em estufa seguido de moagem em diferentes granulometrias. Os resultados demonstraram que a fibra de laranja obtida possui 8,4% de proteínas, teor muito maior do que a fibra de trigo comercial, com 0,4%. A proporção de fibras no experimento foi de 58,8% de fibras insolúveis e 41,2% de fibras solúveis, valores que, em termos de saúde, a classificam como uma fibra bem balanceada (MARÍN *et al.*, 2007). O teor total de fibras foi de 45,59% o teor de pectina foi de 11,18%, valores similares às fibras comerciais (BORTOLUZZI; MARANGONI, 2006).

A fibra alimentar pode ser classificada em fração solúvel em água a 100°C, com pH entre 6 e 7, e em fração insolúvel. Ligninas, celulosas e hemicelulosas compõem a fração solúvel, enquanto a fração insolúvel é composta por gomas, mucilagens e pectina (FERNANDEZ-LOPEZ, 2004). Fibras insolúveis possuem forte higroscopia, fato que favorece sua capacidade de retenção de água, além de também apresentar capacidade de absorver gordura. Fibras solúveis têm a capacidade de formar gel em certas condições físico-químicas, de forma que se ligam à água (MATOS-CHAMORRO; CHAMBILLA-MAMANI, 2010).

A Capacidade de Retenção de Água (CRA) das fibras está intimamente relacionada ao tipo de parede celular pela qual foi obtida, a sua granulometria e porosidade, ao pH e à temperatura do seu processamento (BORTOLUZZI; MARANGONI, 2006). Um estudo da composição dos resíduos da laranja realizado por Bortoluzzi e Marangoni (2006) demonstrou que a fibra concentrada obtida apresentava CRA de 6,63 e 8,95 g água / g fibra para 30 e 50  $\mu$  de granulometria, respectivamente. Desta forma, a fibra dietética de laranja, quando comparada com outros tipos de fibras vegetais (maçã, pêra, aveia e trigo) apresenta uma capacidade de retenção de água superior, a qual apresenta maiores valores com o aumento da granulometria.

### **3.7.2 Aplicações da fibra de laranja**

Santos (2011) desenvolveram biscoitos com substituição parcial da farinha de trigo por farinhas mistas de polvilho azedo e de albedo de laranja, utilizando um planejamento fatorial  $2^3$ , com variáveis independentes: concentração de polvilho azedo, açúcar e farinha de albedo de laranja, tendo as características sensoriais como variáveis de resposta. A formulação otimizada para os biscoitos preparados com farinhas mistas continha 7,5% de farinha de albedo de laranja e apresentou 3,08g de fibra bruta em 100g de biscoito, podendo ser classificada como alimento “fonte de fibras”. A adição do subproduto (albedo de laranja), nos níveis utilizados na formulação, permitiu a elaboração de biscoitos com elevado teor de fibras, sem comprometimento dos atributos sensoriais (SANTOS, 2011).

Bortoluzzi (2009) utilizou fibra de laranja na produção de mortadela de frango. Concentrações de 1% a 3% da fibra de laranja foram utilizadas para a obtenção de mortadelas com teor reduzido de gordura (4% a 16%), através de planejamento fatorial. A formulação com 1% de fibra de laranja e 4% de gordura apresentou os melhores resultados quanto às características sensoriais da mortadela, e a formulação com 3% de fibra de laranja apresentou sabor ácido e residual de laranja, além de uma coloração amarelada mais intensa. Uma avaliação microscópica permitiu observar uma íntima relação entre as fibras e os glóbulos de gordura, favorecendo a emulsão formada. As formulações não apresentaram grande variação na atividade de água, que permaneceram entre 0,976 e 0,986, valores considerados

normais para este tipo de produto. A redução calórica da mortadela chegou a 51% em relação à amostra controle (sem adição de fibra) (BORTOLUZZI, 2009).

A utilização de fibra de laranja foi testada em *muffins* em concentrações de 10% e 15%, sem alterar os demais ingredientes. Foi observado que a sua utilização afetou a umidade em relação aos bolos sem a fibra. Os bolos com fibra de laranja obtiveram menores valores de umidade, esse resultado é muito importante para a vida de prateleira do produto, já que uma menor atividade de água mantém o produto viável por mais tempo (ROMERO-LOPEZ *et al.*, 2011).

A fibra de laranja também foi aplicada em salsichas Bologna, em concentrações entre 0,5% a 2,5% (sobre o peso de carne). Além de melhorar a qualidade nutricional das salsichas com relação a quantidade de fibras, a adição da fibra de laranja provocou redução dos valores residuais de nitrato, além de retardar os processos oxidativos do produto após estocado (FERNANDEZ-GINÉS *et al.*, 2003).

Magno (1996) estudou o efeito da incorporação de 2,5; 5,0; 7,5 e 10% de polpa de laranja na qualidade do pão de forma produzido em escala piloto, comparando à pães adicionados de farelo de trigo nas mesmas proporções. Os resultados mostraram que a adição da polpa de laranja causou prejuízo nas características reológicas das massas e na qualidade dos pães, os quais foram mais acentuados nos teores de 5,0; 7,5 e 10% em relação aos padrões, respectivamente. A presença de glúten vital na massa com 2,5% de polpa de laranja foi benéfica, devido ao aumento de volume específico do pão, produzido em escala laboratorial, que foi praticamente o mesmo do pão sem a polpa de laranja (padrão). A adição de 5% de polpa de laranja ou mais causou efeito negativo nas características sensoriais, aroma e sabor. Segundo o autor, foi possível a obtenção de pães de boa qualidade usando até 5% de polpa de laranja, em substituição à farinha de trigo, na presença de glúten vital de trigo.

Com relação à variação na vida de prateleira de pães elaborados com fibra de casca de laranja, comparativamente a pães elaborados através de uma formulação padrão, não existem dados disponíveis na literatura.

#### **4 ARTIGO**

O artigo será submetido ao Boletim CEPPA, e está formatado de acordo com as normas de publicação da revista.

## UTILIZAÇÃO DE FIBRA DE LARANJA COMO SUBSTITUTO DE GORDURA EM PÃO DE FORMA

Liana Stoll<sup>1</sup>, Roberta Cruz Silveira Thys<sup>2</sup>, Simone Hickmann Flores<sup>2</sup>

### Resumo

O presente estudo foi realizado com a finalidade de avaliar os efeitos da substituição total da gordura em pães de forma através da utilização de fibra de casca de laranja, um subproduto industrial, na faixa de 0 a 5%. A adição da fibra de laranja foi combinada ao uso de alfa-amilases de origem fúngica e bacteriana (10 a 50ppm), realizando-se planejamento experimental fatorial 2<sup>2</sup>, com repetição do ponto central. Uma formulação Controle, sem fibras, sem enzimas e com 2% de gordura também foi realizada. A qualidade dos pães foi avaliada através de análises de shelf-life para o período de 7 dias, através do Índice de Retrogradação (via DSC), além das análises de volume, coloração do miolo, atividade de água e análise sensorial. A presença da fibra de laranja associada ao uso de enzimas contrapôs os possíveis efeitos negativos causados pela ausência da gordura para as faixas de fibra e enzima estudadas, permitindo a obtenção de pães de qualidade, fonte de fibras e livre de gordura. A adição de 2,5% de fibra de laranja combinada ao uso de 30ppm de alfa-amilase causou aumento de volume dos pães (23%), onde a textura dos pães, medida por análise sensorial, não foi prejudicada pela retirada da gordura.

**Palavras-Chave:** Pão. Fibra de laranja. Substituição de gordura. Alfa-amilase, Retrogradação.

### 1. INTRODUÇÃO

A busca por uma alimentação saudável faz com que os consumidores procurem cada vez mais por produtos que aliem saúde ao prazer de um alimento palatável. As tendências por sensorialidade e prazer podem ser explicadas pelo aumento do nível de educação, informação, renda, expectativa de vida, entre outros (MADI *et al.*, 2011; SIRÓ *et al.*, 2008). Este novo perfil de consumidores impulsionou o crescimento de um novo e competitivo segmento na indústria de alimentos, que busca desenvolver produtos com redução substancial de gordura, sem comprometer o sabor de seus produtos (BENNET, 1992; CANADA, 2010).

---

<sup>1</sup> Acadêmica – ICTA/UFRGS

<sup>2</sup> Prof Dra – ICTA/UFRGS

As gorduras exercem grande influência nos processos de panificação, principalmente no volume do pão e na manutenção de sua qualidade após a cocção. A dispersão das partículas de gordura na massa permite que o pão fique macio e palatável por um período de tempo prolongado, além de contribuir para a liberação de um perfil aromático característico (LAWSON, 1995, STAUFFER, 2007). Apesar de sua importância na tecnologia de panificação, o alto consumo de gordura saturada aumenta a taxa de colesterol no sangue, além dos diversos malefícios causados pela gordura trans (presente na gordura vegetal hidrogenada), a qual está diretamente relacionada às doenças cardiovasculares, obesidade e outras disfunções no organismo (APM, 2012; OBESITY IN AMERICA, 2012).

Segundo Benassi, Watanabe e Lobo (2001), a maneira mais tradicional de se obter redução calórica em produtos de panificação é através da substituição parcial dos ingredientes calóricos por fibras. Os efeitos benéficos à saúde proporcionados pela ingestão de fibras impulsionam a busca por novas fontes deste ingrediente (SANTANA; GASPARETTO, 2009; MARÍN *et al.*, 2007; FERNANDEZ-LÓPEZ *et al.*, 2009). A alta capacidade de retenção de água da fibra a torna um potencial ingrediente substituto de gordura, e, portanto, tem sido alvo de estudo em diversos alimentos (BORTOLUZZI, 2009; CÂNDIDO; CAMPOS, 1995; MONTEIRO *et al.* 2006; ROMERO-LOPEZ *et al.*, 2011).

O processo industrial de suco de laranja é uma das fontes de fibra em potencial, onde 50% do peso da fruta, subutilizado e rico em fibras, é destinado à ração animal (SANTANA; GASPARETTO, 2009). Desta forma, a exploração desse subproduto é interessante do ponto de vista econômico e ambiental, já que sua utilização reduz os resíduos da indústria, agrega valor ao subproduto e ainda, valor nutricional aos alimentos onde o mesmo é aplicado (FERNÁNDEZ-LÓPEZ *et al.*, 2009).

Segundo Monteiro *et al.* (2006), quando adicionadas em produtos cárneos, assados e extrusados, as fibras podem fornecer integridade estrutural, volume, capacidade de homogeneização, adesividade e estabilidade de prateleira em produtos com gordura reduzida. A adição de fibras em produtos de panificação tem sido amplamente estudada, onde efeitos como redução de volume e alteração das propriedades viscoelásticas da massa são relatados (KATINA *et al.*, 2005; WANG;



ROSELL; BARBER, 2002). A fim de contrabalancear tais efeitos, é comum o uso de enzimas que tenham efeito sobre a reologia da massa (KATINA *et al.*, 2005).

É importante ressaltar que o envelhecimento do pão está intimamente relacionado ao endurecimento resultante da sinerese - perda de água, a qual pode ser monitorada através de sua firmeza ou do grau de retrogradação da amilopectina (PURHAGEN; SJOO; ELIASSON, 2012).

Com relação à variação na vida de prateleira de pães elaborados com farinha de casca de laranja, comparativamente a pães elaborados através de uma formulação padrão, não existem dados disponíveis na literatura.

Considerando a atual tendência por produtos ricos em fibras e com teor reduzido de gordura, aliado à importância de minimizar os impactos ambientais gerados pela indústria de alimentos, este trabalho tem como objetivo verificar os efeitos da utilização de fibra de laranja comercial na substituição de gordura em pão de forma, combinado ao uso de enzimas. Através de um planejamento experimental, foram analisadas as características que traduzem a qualidade dos pães (volume, atividade de água, coloração do miolo) e a evolução de seu *shelf life*, avaliado através do Índice de Retrogradação, medido por calorimetria diferencial de varredura, no período de 7 dias.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1. Material**

A fibra de casca de laranja amarga (*Citrus aurantium* L.) foi adquirida da empresa Tango Alimentos (Natal, RN). O glúten vital de trigo, o preparado de enzimas Spring Fresh G (alfa-amilase bacteriana e alfa-amilase fúngica), ácido ascórbico e monoglicerídeos foram adquiridos através da empresa Granotec (Curitiba, PR). As demais matérias primas foram adquiridas no mercado local de Porto Alegre (RS).

## 2.2. Planejamento Experimental

As formulações dos pães de forma foram determinadas através de planejamento experimental fatorial  $2^2$  com três repetições no ponto central. As variáveis independentes testadas foram a concentração de fibra de laranja (0%; 2,5% e 5%) e a concentração de enzimas (10ppm; 30ppm e 50ppm). A faixa de fibra de laranja estudada deu-se através de testes de panificação preliminares e a faixa de enzima através da indicação de uso do fornecedor. As variáveis dependentes avaliadas foram atividade de água, volume específico e índice de retrogradação. A Tabela 1 apresenta os ensaios realizados e os valores reais e codificados das variáveis testadas.

**Tabela 1 - Detalhamento do planejamento experimental  $2^2$  realizado**

Ensaio	Valor Codificado		Valor Real	
	Fibra	Enzima	Fibra (%)	Enzima(ppm)
F1	-1	-1	0	10
F2	1	-1	5	10
F3	-1	1	0	50
F4	1	1	5	50
F5_1	0	0	2,5	30
F5_2	0	0	2,5	30
F5_3	0	0	2,5	30

## 2.3. Capacidade de retenção de água (CRA)

A fim de realizar corretamente a hidratação da fibra de laranja com água, foi realizada análise da CRA da fibra, de acordo com o método de Fernández-López et al. (2009), com algumas modificações. Foram adicionados 30 mL de água destilada a 1 g da amostra em pó. A suspensão foi homogeneizada em vórtex (Quimis, modelo Q920-A2, Brasil) por 1 minuto e deixada em temperatura ambiente por 24 horas. Após a centrifugação (3000  $\times g$  por 20 min) em centrífuga (Sigma, modelo 4K15, Inglaterra), o sobrenadante foi removido e o resíduo pesado. A capacidade de retenção de água foi expressa em gramas de água por gramas de amostra seca.

## 2.4. Preparo dos pães

O preparo dos pães ocorreu através do método de massa direta e consistiu da mistura dos ingredientes em masseira de 25 kg, inicialmente em velocidade lenta. Água gelada foi aos poucos adicionada à mistura, quando se deu início à mistura na velocidade rápida até a formação da massa (ponto de véu). Nas formulações com fibra de laranja, esta foi adicionada em sua forma hidratada (com quantidade de água proporcional a sua CRA), antes da adição da água da masseira. Realizou-se a divisão da massa em partes de 400 g, seguida de boleamento manual e modelagem (modeladora GPaniz). Em seguida, os pães foram colocados em formas, e em câmara de fermentação a 30°C e umidade relativa de 80%, por 1 hora. O forneamento foi realizado em forno turbo elétrico (Tedesco), a 180°C por 25 minutos, e após 1 hora de resfriamento, os pães foram embalados em sacos plásticos de polipropileno, selados termicamente e armazenados à temperatura ambiente.

Além das formulações determinadas pelo planejamento experimental, também foi realizada uma formulação controle, elaborada com gordura, sem enzimas e sem adição de fibra de laranja. As formulações empregadas na produção das massas de pão de forma estão apresentadas na Tabela 2.

**Tabela 2 - Formulações de pão de forma testadas**

<b>Ingredientes</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>F4</b>	<b>F5</b>	<b>Controle</b>
Farinha de Trigo	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Água	69%	62%	70%	67%	71%	65%
Açúcar	4%	4%	4%	4%	4%	4%
Gluten Vital de Trigo	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%
Fermento Biológico Seco	2%	2%	2%	2%	2%	2%
Sal	2%	2%	2%	2%	2%	2%
Monodiglicerídeo	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%
Ácido Ascórbico	80ppm	80ppm	80ppm	80ppm	80ppm	80ppm
Enzimas	10ppm	10ppm	50ppm	50ppm	30ppm	0
Fibra de Laranja	0	5%	0	5%	2,50%	0
Gordura Veg. Hidrogenada	0	0	0	0	0	2%

## 2.5. Determinação do Índice de Retrogradação

O DSC (*Differential Scanning Calorimeter*), calorímetro diferencial de varredura (Perkin-Elmer DSC 6000, Modelo 523A) foi utilizado para verificar a retrogradação do amido. A análise, simula o processo de panificação segundo a metodologia utilizada por León, Durán e Barber (1997), realizada em triplicata. Para

tanto, uma amostra de massa de pão (18 - 20mg) obtida no dia do seu preparo, sem a etapa de fermentação e forneamento, foi inserida em cápsula de alumínio e selada. Uma cápsula vazia foi usada como referência. Após serem colocadas no interior do equipamento, as amostras foram aquecidas de 25 a 100°C, à uma taxa de aquecimento de 10°C. min<sup>-1</sup>, mantidas por 5 minutos a temperatura de 100°C. Após, as cápsulas foram retiradas do equipamento e armazenadas sob refrigeração (5°C) com o intuito de acelerar a retrogradação do amido. Após 7 dias de armazenamento sob refrigeração, as amostras foram novamente analisadas em DSC de 25 a 110°C, à uma taxa de aquecimento de 10°C min<sup>-1</sup>.

Os parâmetros medidos foram: temperatura inicial ( $T_0$ ), temperatura de pico endotérmico ( $T_p$ ) e a temperatura de conclusão ( $T_c$ ). A entalpia de gelatinização ( $\Delta H_{gel}$ , expressa em J.g<sup>-1</sup>) foi obtida através da integração da curva endotérmica antes da etapa de armazenamento sob refrigeração, utilizando o software Origin 6.0 Professional (Microcal). A entalpia de retrogradação ( $\Delta H_{ret}$ , expressa em J.g<sup>-1</sup>) foi obtida da mesma forma, a partir da segunda corrida realizada no equipamento, isto é, após a etapa de armazenamento sob refrigeração (7 dias). O Índice de Retrogradação é definido como a razão entre as entalpias de gelatinização e as entalpias de retrogradação (LÉON; DURÁN; BARBER, 1997).

## **2.6. Volume específico**

O volume específico (cm<sup>3</sup>/g) dos pães foi determinado 1 hora após o forneamento, quando os mesmos encontravam-se em temperatura ambiente. Os pães foram pesados em balança semi-analítica e o volume de cada pão foi determinado pelo deslocamento de sementes de painço, conforme o método descrito por Silva, Silva e Chang (1998). Repetiu-se a operação três vezes e calculou-se o valor médio do volume específico para cada tratamento.

## **2.7. Atividade de Água**

A atividade de água dos pães foi medida no dia do preparo dos mesmos, 1 hora após seu forneamento, e após 7 dias do seu preparo. Para a análise, realizada

em triplicata, uma porção da região central do pão (miolo) foi inserida no equipamento AquaLab – Modelo 3TE, a 25°C.

## **2.8. Colorimetria**

A determinação da cor dos pães foi realizada no miolo, em duplicata, através de colorímetro (Konica-Minolta CR 400 Chroma Meter, Japão), compreendendo as coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ .

## **2.9. Análise Sensorial**

Os pães elaborados foram avaliados por um painel de 50 provadores não treinados. Um dia após seu preparo, as amostras foram servidas simultaneamente, utilizando uma ficha com escala hedônica verbal de 9 pontos variando de 1 (desgostei muitíssimo) até 9 (gostei muitíssimo) para os atributos “cor do miolo”, “aroma”, “sabor”, “textura” e “aceitação global”.

## **2.10. Análise dos resultados**

Os dados foram analisados através de ANOVA fator único e teste de Tukey para diferença de médias, utilizando o Software Statistica 7.0.

## **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Nas faixas de concentração de fibra e enzima estudadas não obteve-se modelo matemático adequado para metodologia de superfície de resposta, indicando que os dados experimentais não são explicados matematicamente. Avaliou-se, desse modo, a influência da fibra e enzima das formulações elaboradas segundo o planejamento experimental por Análise de Variância (ANOVA) para as diferentes respostas. Para a análise dos resultados foi realizada a média dos pontos centrais, identificada nos resultados como “F5”.

### 3.1. Análise de Cor

A Tabela 3 apresenta os valores do parâmetro L\* e das coordenadas cromáticas a\* e b\* da análise colorimétrica do miolo dos pães.

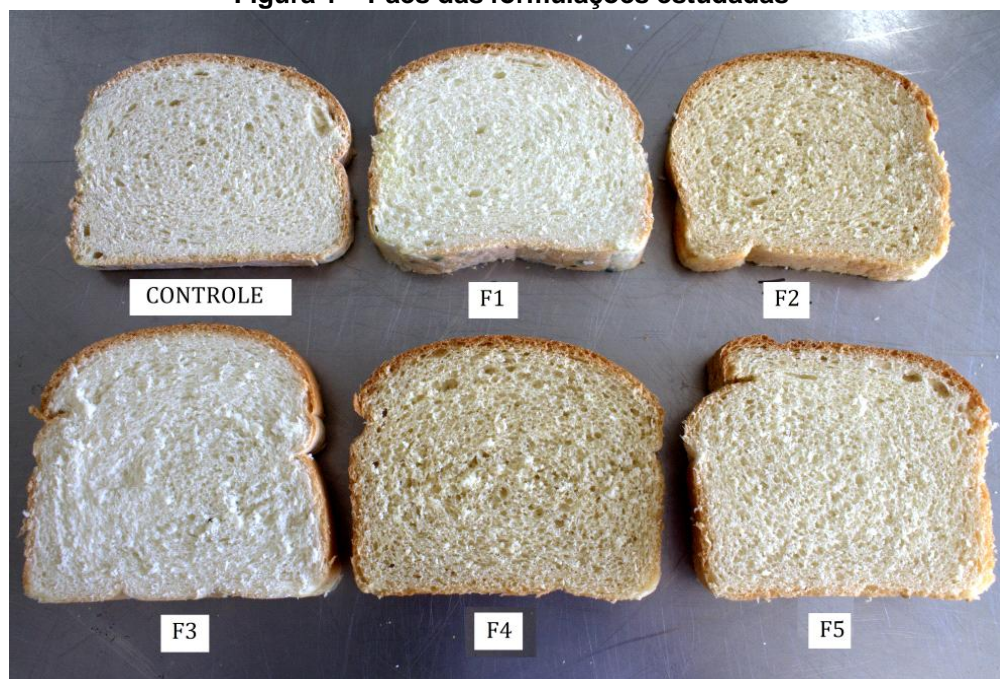
**Tabela 3 - Valores obtidos para os parâmetros L\*, a\* e b\* dos ensaios realizados**

Ensaio	L*	a*	b*
Controle	73,01 ± 1,10 ab	-1,42 ± 0,11 cd	13,85 ± 0,01 d
F1	76,93 ± 0,88 ab	-2,44 ± 0,14 a	13,17 ± 0,39 d
F2	70,59 ± 2,24 ab	-0,82 ± 0,14 e	21,92 ± 0,27 a
F3	75,26 ± 0,38 ac	-1,91 ± 0,02 b	13,7 ± 0,04 d
F4	64,56 ± 0,41 b	-0,95 ± 0,16 e	20,27 ± 0,58 b
F5	67,34 ± 1,21 bc	-1,71 ± 0,11 bd	17,73 ± 0,29 c

\*Letras iguais na mesma coluna significam que não houve diferença estatística significativa nos tratamentos entre as médias ao nível de 5%.

Observa-se que a luminosidade das formulações adicionadas de fibra de laranja (F2, F4 e F5) não foram afetadas pela adição de fibra, já que não apresentaram diferenças estatísticas para este parâmetro. A cromaticidade \*b, positiva, indica coloração amarela, sendo esta mais intensa para a formulação F2, seguida de F4 e de F5, todas adicionadas da fibra de laranja (F2 e F4 contendo 5% de fibra de laranja e F5 com 2,5% da fibra). Este resultado é esperado, visto que a fibra de laranja possui coloração amarelada (parâmetros da fibra de laranja: \*L=55,34; \*a=4,21; \*b=31,81). As diferentes colorações do miolo podem ser visualizadas na Figura 1 .

**Figura 1 – Pães das formulações estudadas**



### 3.2. Índice de Retrogradação

Como pode-se observar na Tabela 4, não foi observada diferença estatística entre os tratamentos para o Índice de Retrogradação (IR), o que sugere que os fenômenos de sinerese ocorreram de forma semelhante para todas as formulações. O IR indica a tendência ao processo de ressecamento do pão, pois está intimamente relacionado com a sinerese provocada pela retrogradação do amido, onde a reassociação das cadeias de amilopectina provoca a saída da água do sistema (LÉON; DURÁN; BARBER, 2002; CALVEL; WIRTZ, 2001; PURHAGEN; SJOO; ELIASSON, 2012).

**Tabela 4 - Valores de  $\Delta H$  de gelatinização e retrogradação dos ensaios realizados**

	$\Delta H$ gel (J.g-1)	$\Delta H$ ret (J.g-1)	Índice de Retrogradação
<b>Ensaio</b>			
<b>Controle</b>	2,883 $\pm$ 0,380 <sup>a</sup>	8,77 $\pm$ 0,96 <sup>a</sup>	3,09 $\pm$ 0,61 <sup>a</sup>
F1	2,498 $\pm$ 0,202 <sup>ab</sup>	8,92 $\pm$ 0,19 <sup>a</sup>	3,72 $\pm$ 0,18 <sup>a</sup>
F2	2,356 $\pm$ 0,317 <sup>ab</sup>	7,31 $\pm$ 0,48 <sup>a</sup>	3,13 $\pm$ 0,28 <sup>a</sup>
F3	2,299 $\pm$ 0,107 <sup>ab</sup>	9,07 $\pm$ 0,78 <sup>a</sup>	3,94 $\pm$ 0,16 <sup>a</sup>
F4	2,118 $\pm$ 0,167 <sup>b</sup>	7,12 $\pm$ 0,45 <sup>a</sup>	3,39 $\pm$ 0,48 <sup>a</sup>
F5	2,766 $\pm$ 0,146 <sup>ab</sup>	8,23 $\pm$ 0,72 <sup>a</sup>	2,98 $\pm$ 0,27 <sup>a</sup>

\*Letras iguais na mesma coluna significam que não houve diferença estatística significativa nos tratamentos entre as médias ao nível de 5%.

A presença da gordura evita o ressecamento dos pães (STAUFFER, 2007), fato que reduziria o fenômeno de retrogradação dos mesmos, porém a formulação Controle não apresentou IR inferior às demais. Este fato pode ser explicado através da adição de enzimas nos demais tratamentos. León, Durán e Barber (2002) estudaram a influência de misturas de enzimas contendo  $\alpha$ -amilase e lipase em pães e verificaram efeito benéfico na manutenção das propriedades sensoriais, na firmeza e na formação do complexo amilose-lipídico termoestável, responsável por retardar a retrogradação.

Uma vez que a retrogradação da amilopectina está associada à quantidade de água no pão durante seu armazenamento (ZELEZNAK; HOSENEY, 1986), a presença da fibra de laranja afetaria este fenômeno, já que possui capacidade de retenção de água superior a do amido, interferindo na distribuição da água no sistema (PURHAGEN; SJOO; ELIASSON, 2012). Angioloni e Collar (2009) avaliaram o *shelf life* de pães através de aspectos como textura e firmeza ao longo do tempo, e obtiveram bons resultados para os pães, com substituição parcial da

farinha de trigo por fibras de diferentes fontes. Já em estudo realizado por Purhagen, Sjöo e Eliasson (2012) a substituição de 3% da farinha de trigo por farelos de aveia, trigo e centeio causou efeito negativo na retrogradação do amido, exceto para o farelo de aveia, que não causou o aumento na retrogradação. Os pães adicionados de fibra obtiveram maior perda de água e maiores taxas de retrogradação, causando endurecimento e efeito negativo no *shelf life* dos mesmos. No presente estudo, conclui-se que a adição da alfa-amilase contrapôs os possíveis efeitos negativos causados pela ausência de gordura ou presença da fibra de laranja nos pães, já que as formulações não apresentaram diferença estatisticamente significativa em relação ao IR. Assim, é possível obter pães sem gordura adicionados de até 5% de fibra de laranja sem redução de *shelf life*, quando esta adição é combinada ao uso de enzimas na faixa de 10 a 50ppm.

### **3.3. Atividade de água (Aw)**

O pão de forma é um produto de alta atividade de água, ou seja, possui muita água livre disponível para crescimento microbiano e para as reações químicas de deterioração do produto. Os valores encontrados são superiores a 0,950, estando de acordo com os obtidos por Gragnani (2010), que encontrou valores superiores à 0,900 para os pães de forma com triticale e enzima transglutaminase microbiana.

É esperado que ocorra redução na atividade de água no miolo dos pães ao longo de seu período de armazenamento, onde ocorre a migração da água do miolo para o meio externo. Curti (2010) avaliou pães com farelo de trigo ao longo de 7 dias, onde foi observado um aumento na atividade de água na crosta dos pães, e redução na atividade de água do miolo. Esta redução foi observada para a formulação Controle, F2 e F3, após 7 dias de armazenamento a temperatura ambiente. Já nas formulações F1, F4 e F5, a atividade de água no miolo manteve-se estável ao longo deste período, indicando que a adição de fibras, se acompanhada da adição de um teor igual ou maior a 30ppm de alfa-amilase, auxilia na manutenção da atividade de água no miolo.



**Tabela 5 – Volume e Atividade de água**

	Volume Específico (cm <sup>3</sup> /g)	Aw - dia 1	Aw- dia 7
Controle	3,0 ± 0,2 <sup>b</sup>	0,972 ± 0,002 <sup>Aa</sup>	0,966 ± 0,001 <sup>Ba</sup>
F1	3,2 ± 0,0 <sup>b</sup>	0,965 ± 0,002 <sup>Aa</sup>	0,966 ± 0,003 <sup>Aa</sup>
F2	3,0 ± 0,1 <sup>b</sup>	0,969 ± 0,003 <sup>Aab</sup>	0,958 ± 0,001 <sup>Bb</sup>
F3	3,6 ± 0,0 <sup>a</sup>	0,966 ± 0,002 <sup>Aab</sup>	0,957 ± 0,003 <sup>Bc</sup>
F4	3,0 ± 0,1 <sup>b</sup>	0,972 ± 0,007 <sup>Aa</sup>	0,963 ± 0,001 <sup>Ab</sup>
F5	3,7 ± 0,2 <sup>a</sup>	0,957 ± 0,008 <sup>Ab</sup>	0,963 ± 0,003 <sup>Ab</sup>

\*Letras minúsculas iguais significam que não houve diferença estatística significativa nos tratamentos entre as médias ao nível de 5%. Letras maiúsculas iguais indicam que não houve diferença estatística significativa nas avaliações entre as médias ao nível de 5%.

### 3.4. Volume

Os pães, pesando aproximadamente 370 g, apresentaram volume específico entre 3,0 e 3,7 cm<sup>3</sup>.g<sup>-1</sup> (Tabela 5). Os maiores valores para volume específico ocorreram a partir das formulações do ponto central (F5), com 2,5% de fibra de laranja e 30ppm de enzimas, e da formulação F3, sem fibra de laranja e com 50ppm de enzima, ambos sem gordura. Diversos estudos relatam o efeito positivo do uso de enzimas no aumento no volume do pão. A adição de 50ppm de alfa-amilase fúngica promoveu aumento de volume em estudo realizado por Indrani *et al.*(2003), enquanto os pães obtidos através da adição 14ppm e 30ppm de alfa-amilase fúngica e bacteriana, respectivamente, também apresentaram aumento de volume, este relacionado à maior elasticidade, menor firmeza, e uma rede de glúten mais aberta nos pães tratados com a enzima (CABALLERO; GÓMEZ; ROSELI, 2007).

As formulações com 5% de fibra de laranja apresentaram volume inferior às demais, assim como a formulação Controle, que continha gordura porém não continha enzimas. Apesar da adição de 10ppm e 50ppm de enzima das formulações F2 e F4, a presença da fibra de laranja não permitiu o desenvolvimento de volume tão acentuado como nos demais tratamentos. Este resultado era esperado, já que a adição de fibras em produtos de panificação é comumente relacionada a falhas no processo, como amargor e redução de volume (BERRY, 2004). Wang, Rosell e Barber (2002) estudaram a adição de 3% de fibras em pães (fibra de alfarroba, fibra de ervilha e inulina), resultando em redução do volume dos mesmos quando comparado ao controle (sem fibras). A redução de volume pode ser explicada através da deformação na massa causada pela presença da fibra, o que reduziria a retenção de CO<sub>2</sub>. Além disso, certa quantidade de água na massa liga-se

fortemente às fibras, podendo interferir na quantidade de água disponível para e formação da rede de glúten (SIVAM, 2010).

A adição de enzima ao nível de 30 ppm diminuiu a redução de volume possivelmente ocasionada pela presença de 2,5% de fibra na formulação F5, demonstrando a eficácia das alfa-amilases no aumento do volume dos pães. Em estudo realizado por Katina *et al.* (2005) pães com farelo de trigo adicionados de um combinado de enzimas (alfa-amilase, xilanase e lipase) também obtiveram bons resultados de volume, alcançando igual volume ao pão sem farelo de trigo (pão branco), enquanto o pão com farelo de trigo não adicionado de enzimas apresentou volume específico inferior.

### 3.5. Análise Sensorial

O painel de provadores foi composto pessoas de idade entre 18 a 60 anos, sendo 21 do sexo masculino e 29 do sexo feminino. Os resultados obtidos no teste de aceitação da análise sensorial estão relacionados na tabela abaixo.

**Tabela 6 - Resultado do teste de aceitação das formulações testadas**

Ensaio	Cor do Miolo	Aroma	Sabor	Textura	Aceitação Global
Controle	7,6±1,0 <sup>a</sup>	7,2±1,3 <sup>a</sup>	7,4±1,0 <sup>a</sup>	7,1±1,5 <sup>a</sup>	7,4±1,0 <sup>a</sup>
F1	7,4±1,1 <sup>a</sup>	7,0±1,2 <sup>ab</sup>	7,3±1,0 <sup>a</sup>	6,8±1,6 <sup>ac</sup>	7,1±1,1 <sup>a</sup>
F2	5,8±1,7 <sup>b</sup>	6,4±1,6 <sup>ab</sup>	4,5±1,9 <sup>b</sup>	6,2±1,6 <sup>bc</sup>	5,1±1,7 <sup>c</sup>
F3	7,9±0,9 <sup>a</sup>	6,8±1,2 <sup>ab</sup>	7,0±1,2 <sup>a</sup>	6,6±1,6 <sup>ab</sup>	6,7±1,1 <sup>a</sup>
F4	5,8±1,6 <sup>b</sup>	6,3±1,5 <sup>b</sup>	4,5±1,8 <sup>b</sup>	5,8±1,9 <sup>b</sup>	5,1±1,8 <sup>c</sup>
F5	6,2±1,5 <sup>b</sup>	6,3±1,5 <sup>b</sup>	6,1±1,6 <sup>c</sup>	6,2±1,6 <sup>ab</sup>	6,1±1,4 <sup>b</sup>

\*Letras minúsculas iguais significam que não houve diferença estatística significativa nos tratamentos entre as médias ao nível de 5%.

\*\*Notas: 1:desgostei muitíssimo; 2:desgostei muito; 3:desgostei moderadamente; 4:desgostei levemente; 5:não gostei nem desgostei; 6:gostei levemente; 7:gostei moderadamente; 8:gostei muito; 9:gostei muitíssimo.

Embora a análise instrumental de cor tenha revelado diferença entre as amostras F5 (2,5% de fibra) e F2 e F4 (5% de fibra), pode-se observar que a diferença entre a adição de 2,5% e 5% de fibra de laranja não foi percebida visualmente pelos provadores, onde a cor do miolo foi igual estatisticamente. A diferença entre os pães adicionados de fibra também não foi percebida para o atributo “aroma”.

A textura da formulação F5 (2,5% de fibra, 30ppm de enzima) teve igual aceitação à amostra controle, demonstrando que a substituição da gordura pela fibra

e enzima nesta faixa de uso foi eficaz. O sabor das amostras com nível máximo de fibra obteve nota 4,5, referente a “desgostei levemente” a “não gostei nem desgostei” na escala hedônica. Já a adição de 2,5% de fibra de laranja obteve nota 6,1 para o atributo sabor, referente a “gostei levemente”.

A aceitação global da amostra controle obteve nota 7,4, referente a “gostei moderadamente a gostei muito”, na escala hedônica (82% de aceitação), enquanto as amostras com fibra de laranja (F2, F4 e F5) variaram de “gostei levemente” a “gostei moderadamente” (de 70 a 78% de aceitação). Em estudo realizado com fibra de ervilha a substituição de até 5% da farinha de trigo pela fibra teve mesma aceitação global que o controle (0% de substituição), onde os pães com 10% de substituição tiveram aceitação inferior (WANG; ROSELL; BARBER, 2002).

#### 4. CONCLUSÃO

A utilização da fibra de laranja é uma alternativa para a elaboração de pães sem gordura, não resultando em perda de volume e *shelf life* quando seu uso é associado à adição de alfa-amilases (na faixa de 10ppm a 50ppm de enzima com adição de até 5% de fibra de laranja). A utilização de 2,5% de fibra de laranja e 30 ppm de alfa-amilase permite a obtenção de pães de forma livres de gordura, fonte de fibras, com bom volume, sabor e textura.

A adição de 2,5% de fibra de laranja não prejudicou a textura do pão elaborado sem gordura, fato evidenciado pelas notas do atributo textura (medida pela análise sensorial), que se mostrou igual às notas da amostra controle.

## CITRUS FIBER AND ITS APPLICATION AS A FAT SUBSTITUTE IN LOAF BREAD

This study aimed to analyse the effects of total fat replacement in loaf bread, by adding citrus fiber, an industrial by-product, in the range of 0 to 5%. The use of citrus fiber was combined with the addition of fungal and bacterial alpha-amylases (10ppm to 50ppm), where an experimental factorial design ( $2^2$ ) with repetition of central point was conducted. A formulation containing 2% of fat, without citrus fibre and enzymes was used as control. The breads quality were measured by analysing shelf life during 7 days, by Retrogradation Index determination (by DSC), besides analysing volume, crumb colour, water activity and sensorial parameters of breads. The presence of citrus fiber combined with the addition of alpha-amylases opposed the potential negative effects that the removal of fat could cause, considering the ranges of fibers and enzymes studied, allowing the making of breads with quality, source of fibers and fat free. The addition of 2.5% of citrus fiber combined with 30 ppm of alpha-amylases increased (23%) the volume of breads, comparing to the control formula, where the texture of loaves (measured by sensorial analyses) was not damaged by the removal of fat.

**Key words:** Bread. Citrus Fiber. Fat replacement. Alpha-amylases. Retrogradation.

### Referências

ANGIOLONI, A.; COLLAR, C. Gel, dough and fibre enriched fresh breads: Relationships between quality features and staling kinetics. **Journal of Food Engineering**, n. 91, p. 526-532, 2009.

APM. Associação Paulista de Medicina. **Saúde e bem estar**. Disponível em: <<http://www.apm.org.br/saude-e-bem-estar.aspx?id=8>>. Acesso em: 5 nov. 2012.

BENASSI, V. T.; WATANABE, E.; LOBO, A. R. Produtos de panificação com conteúdo calórico reduzido. **Boletim CEPPA**, v. 19, n. 2, p. 225-242, jan./jun. 2001.

BENNET, C. J. Formulating low-fat foods with good taste. **Cereal Foods World**, n. 37, p. 429-432, 1992.

BERRY, D. Bread on the rise. **Food product design**, 2004. Disponível em: <<http://www.foodproductdesign.com/articles/2004/10/breads-on-the-rise.aspx?pg=2>>. Acesso em: 25 out. 2012.

BORTOLUZZI, R. C. **Aplicação de fibra obtida da polpa da laranja na elaboração de mortadela de frango**. 2009. 112 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos – Bromatologia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

CABALLERO, P. A.; GÓMEZ, M.; ROSELI, C. M. Improvement of dough rheology, bread quality and bread shelf-life by enzymes combination. **Journal of Food Engineering**, v. 81, n. 1, p. 42-53, July 2007. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877406006376>>. Acesso em: 05 out. 2012.

CALVEL, R.; WIRTZ, R. L. **The taste of bread**. Maryland: Springer, 2001.

CANADA. **Health and wellness trends in Brazil**. 2010. Disponível em: <[http://www.gov.mb.ca/agriculture/statistics/agri-food/brazil\\_health\\_wellness\\_en.pdf](http://www.gov.mb.ca/agriculture/statistics/agri-food/brazil_health_wellness_en.pdf)>. Acesso em: 02 nov. 2012.

CÂNDIDO, L. M. B.; CAMPOS, A. M. Substitutos de gordura. **Boletim CEPPA**, v. 13, p. 125-164, jul./dez. 1995.

CURTI, E. **The state of water in bread**: effect of processing, formulation and storage. 2010. 130 f. Tese (Doutorado em Food Science and Technology) - Università degli studi di Parma, Italy, 2010.

FERNANDEZ-LÓPEZ, J. *et al.* Storage stability of a high dietary fibre powder from orange by-products. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 44, p. 748-756, 2009.

GRAGNANI, M. A. L. **Produção e avaliação de pão de forma com tritcale e enzima transglutaminase microbiana**. 2010. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

INDRANI, D. *et al.* Scanning electron microscopy, rheological characteristics, and bread-baking performance of wheat-flour dough as affected by enzymes. **Journal of Food Science**, v. 68, n. 9, p. 2804-2809, 2003.

KATINA, K. *et al.* Effects of sourdough and enzymes on staling of high-fibre wheat bread. **Swiss Society of Food Science and Technology**, p. 479-491, Mar. 2005. Disponível em: <[www.sciencedirect.br](http://www.sciencedirect.br)>. Acesso em: 05 out. 2012.

LAWSON, H. W. **Food oils and fats**: technology, utilization and nutrition. USA: Springer, 1995.

LAWSON, H. W. **Food oils and fats**: technology, utilization and nutrition. USA: Springer, 1995.

LÉON, A.; DURÁN, E.; BARBER, C. B. A new approach to study starch changes occurring in the dough-baking process and during bread storage. **Z Lebensm Unters Forsch A**, n. 204. p. 316-320, 1997.

LÉON, A.; DURÁN, E.; BARBER, C. B. Utilization of enzyme mixtures to retard bread crumb firming. **Journal of Agric. Food Chemistry**, n. 50, p. 1416-1419, 2002.

MADI, L. *et al.* **Brasil food trends 2020**. São Paulo: Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL) e Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP). 2011.

MARÍN, N. *et al.* By-products from different citrus processes as a source of customized functional fibres. **Food Chemistry**, v. 100, n.2, p. 736-741, 2007.

MONTEIRO, C. S. *et al.* Evolução dos substitutos de gordura utilizados na tecnologia de alimentos. **Boletim CEPPA**, v. 24, n. 2, p. 347-362, jul./dez. 2006.

OBESITY IN AMERICA. **Obesity-related diseases**. Disponível em: <<http://www.obesityinamerica.org/understandingObesity/diseases.cfm>> Acesso em: 04 out. 2012.

PURHAGEN, J. K.; SJOO, M. E.; ELIASSON, A. Fibre-rich additives: the effect on staling and their function in free-standing and pan-baked bread. **Journal of Science and Food Agriculture**, n. 92, p. 1201-1213, 2012.

ROMERO-LOPEZ, M. R. *et al.* Fiber concentrate orange (*Citrus sinensis* L.) bagasse: characterization and application as bakery product ingredient. **International Journal of Molecular Science**, v. 12, p. 2174-2186, 2011.

SANTANA, M. F. S.; GASPARETTO, C. A. Microestrutura da fibra alimentar do albedo de laranja: um estudo por técnicas físicas e análise de imagens. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 1, p. 124-134, jan./mar. 2009.

SILVA, M. R.; SILVA, M.; CHANG, Y. K. Utilização da farinha de jatobá (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) na elaboração de biscoitos tipo *cookie* e avaliação de aceitação por testes sensoriais afetivos univariados e multivariados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 18, n. 1, p. 25-34, 1998

SIRÓ, I. A. *et al.* Functional food: product development, marketing and consumer acceptance – a review. **Appetite**, v. 51, n. 3, p. 456-467, 2008.

SIVAM, A. S. *et al.* Properties of bread dough with added fiber polysaccharides and phenolic antioxidants: a review. **Journal of Food Science**, v. 75, n. 8, p. 163-174, 2010.

STAUFFER, C. E. Principles of dough formation. In: CAUVAIN, S. P.; YOUNG, L. S. **Technology of breadmaking**. US: Springer, 2007.

WANG, J.; ROSELL, C. M.; BARBER, C. B. Effect of the addition of different fibres on wheat dough performance and bread quality. **Food Chemistry**, n. 79, p. 221-226, 2002.

ZELEZNAK, K. J., HOSENEY, R. C. The role of water in the retrogradation of wheat starch gels and bread crumb. **Cereal Chemistry** v. 65. p.407–411. 1986

## 5 CONCLUSÃO

Através dos resultados obtidos por este trabalho foi possível demonstrar que é possível obter pães livres de gordura, sem perda de volume e *shelf-life*, através da adição de até 5% de fibra de laranja, quando esta é combinada ao uso de alfa-amilases (10ppm a 50ppm). Dependendo da concentração de enzima e fibra de laranja, o ganho de volume pode ser uma vantagem para a qualidade do produto, visto que a adição de 2,5% de fibra de laranja e 30ppm de enzima causou aumento de volume (23%), além de não prejudicar a textura do pão.

O planejamento experimental realizado não gerou superfície de resposta para as faixas de fibra de laranja e de enzima estudadas, mostrando que as variáveis mensuradas não podem ser previstas matematicamente e, portanto, a faixa de utilização de fibra e enzima poderia ser ampliada na expectativa de compreender melhor seu comportamento nos pães. Para futuros trabalhos, pretende-se fazer uso de fibras de laranja com diferentes granulometrias, visto que esta propriedade está diretamente relacionada à capacidade de retenção de água das fibras e, portanto, poderia interferir de maneira diferente no *shelf-life* dos pães



## REFERÊNCIAS

ABIP. Associação Brasileira das Indústrias de Panificação e Confeitaria. **Perfil do setor de panificação no Brasil**. 2009. Disponível em: <[http://www.abip.org.br/perfil\\_internas.aspx?cod=35](http://www.abip.org.br/perfil_internas.aspx?cod=35)>. Acesso em: 20 jun. 2012.

ADA. Position of the American Dietetic Association. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 105, p. 266-275, Feb. 2005.

ADITIVOS & INGREDIENTES. Especial Panificação. São Paulo: Editora Insumos, 2008. Disponível em: <[http://www.insumos.com.br/aditivos\\_e\\_ingredientes/materias/195.pdf](http://www.insumos.com.br/aditivos_e_ingredientes/materias/195.pdf)>. Acesso em: 5 out. 2012.

AKOH, C. C. Fat replacer. **Food Technology**, v. 52, p. 47-53, 1998.

APM. Associação Paulista de Medicina. **Saúde e bem estar**. Disponível em: <<http://www.apm.org.br/saude-e-bem-estar.aspx?id=8>>. Acesso em: 5 nov. 2012.

ASSOCITRUS. Disponível em: <<http://www.associtrus.com.br>>. Acesso em: 12 out. 2012.

BELITZ, H.; GROSCH, W.; SCHIEBERLE, P. **Food Chemistry** Berlin: Springer, 2009.

BENASSI, V. T.; WATANABE, E.; LOBO, A. R. Produtos de panificação com conteúdo calórico reduzido. **Boletim CEPPA**, v. 19, n. 2, p. 225-242, jan./jun. 2001.

BENNET, C. J. Formulating low-fat foods with good taste. **Cereal Foods World**, n. 37, p. 429-432, 1992.

BERRY, D. Bread on the rise. **Food product design**, 2004. Disponível em: <<http://www.foodproductdesign.com/articles/2004/10/breads-on-the-rise.aspx?pg=2>>. Acesso em: 25 out. 2012.

BORTOLUZZI, R. C. **Aplicação de fibra obtida da polpa da laranja na elaboração de mortadela de frango**. 2009. 112 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos – Bromatologia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

BORTOLUZZI, R. C.; MARANGONI, C. Caracterização da fibra dietética obtida da extração do suco de laranja **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 8, n. 1, p. 61-66, 2006.

BRASIL. RDC nº 270 de 22 de setembro de 2005. Aprova o Regulamento Técnico para Óleos Vegetais, Gorduras Vegetais e Creme Vegetal. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Disponível em: < <http://www.azeiteonline.com.br/wp-content/uploads/2011/04/anvisa-resolucao-rdc270-de-22-09-2005.pdf> > Acesso em: 5 nov. 2012.

BRASIL. Resolução CNNPA nº 12, de 24 de julho de 1978. Aprova as normas técnicas especiais. **Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Disponível em: <[http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12\\_78\\_acucar.htm](http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12_78_acucar.htm)>. Acesso em: 15 set. 2012.

BRASIL. Resolução CNNPA nº 38, de 1977. Fermentos Químicos. **Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Disponível em: <[http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/38\\_77.html](http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/38_77.html)> Acesso em: 5 nov. 2012.

BRASIL. Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. Aprova o Regulamento Técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. **Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Disponível em: <[http://www.inmetro.gov.br/barreirastecnicas/pontofocal/..%5Cpontofocal%5Ctextos%5Cregulamentos%5CBRA\\_170\\_add\\_1.htm](http://www.inmetro.gov.br/barreirastecnicas/pontofocal/..%5Cpontofocal%5Ctextos%5Cregulamentos%5CBRA_170_add_1.htm)>. Acesso em: 5 out. 2012.

BRAY, G. A.; POPKIN, B. M. Dietary fat intake does affect obesity. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 68, n.6, p.1157-1173, out. 2012.

BRITO, A. *et al.* Efeito da adição de substitutos de gordura na reologia da massa e na qualidade de iogurtes integrais. In: CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 5., 2011, Campinas. **Anais...** Campinas: [s.n.], 2011.

BROWN, A. C. **Understanding food: principles and preparation**. 3. ed. [s.l.]: Cengage Learning, 2007. v. 1.

CABRAL, J. M. S.; AIRES-BARROS, M. R.; GAMA, M. **Engenharia enzimática**. Lisboa-Portugal: Lidel, 2003.

CALVEL, R.; WIRTZ, R. L. **The taste of bread**. Maryland: Springer, 2001.

CANADA. **Health and wellness trends in Brazil**. 2010. Disponível em: <[http://www.gov.mb.ca/agriculture/statistics/agri-food/brazil\\_health\\_wellness\\_en.pdf](http://www.gov.mb.ca/agriculture/statistics/agri-food/brazil_health_wellness_en.pdf)>. Acesso em: 02 nov. 2012.

CÂNDIDO, L. M. B.; CAMPOS, A. M. Substitutos de gordura. **Boletim CEPPA**, v. 13, p. 125-164, jul./dez. 1995.

CANELLA-RAWLS, S. **Pão: arte e ciência**. São Paulo: Senac, 2005.

CANILHA, L. *et al.* Aditivos alimentares produzidos por via fermentativa parte 3: polissacarídeos e enzimas. **Revista Analytica**. v. 20, p. 32-41, 2006. Disponível em: <[http://revistaanalytica.com.br/ed\\_anteriores/20/art04.pdf](http://revistaanalytica.com.br/ed_anteriores/20/art04.pdf)>. Acesso em: 20 out. 2012.

CAUVAIN, S. P. Bread: the product. In: CAUVAIN, S. T.; YOUNG, L. S. **Technology of breadmaking**. US: Springer, 2007.

CZUCHAJOWSKA, Z.; PASZCZYŃSKA, B. Is wet gluten good for baking? **American Association of Cereal Chemists**, v. 73, n. 4, p. 483-489, 1996.

DIAS, A. A. **Substitutos de gordura aplicados em alimentos para fins especiais**. 2007. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Tecnologia de Alimentos) - Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

DIMUZIO, D. T. **Bread baking: an artisan's perspective**. Oxford: John Wiley & Sons, 2009.

DOLATTO, D. A. Aplicação Spring Fresh G [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por [lianastoll@hotmail.com](mailto:lianastoll@hotmail.com) em 22.ago.2012

FERNÁNDEZ-GINÉS, J. M. *et al.* Effect of storage conditions on quality characteristics of bologna sausages made with citrus fiber. **Journal of Food Science**, v. 68, p. 710-715, 2003.

FERNANDEZ-LÓPEZ, J. *et al.* Applications of functional citrus by-products to meat products. **Trends in Food Science and Technology**, v. 15, p. 176–185, 2004.

FERNANDEZ-LÓPEZ, J. *et al.* Storage stability of a high dietary fibre powder from orange by-products. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 44, p. 748-756, 2009.

FILHO, A. *et al.* Avaliação da qualidade tecnológica de pães enriquecidos com farelo de trigo. **Alimentos e Nutrição**, São Paulo, v. 8, p.17-25, 1997. Disponível em: <<http://serv-bib.fcfar.unesp.br/seer/index.php/alimentos/article/view/748/637>>. Acesso em: 12.out.2012

FOOD INGREDIENTS. Desenvolvendo alimentos com baixo teor de gordura. **Revista FI**, n. 5, 2008. Disponível em: <<http://www.revista-fi.com/materias/74.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2012.

FOOD INGREDIENTS. Enzimas. **Revista FI**, n. 16, 2008. Disponível em: <<http://www.revista-fi.com/materias/166.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2012.

GANDRA, K. M. *et al.* Aplicação de lipase e monoglicerídeo em pão de forma enriquecido com fibras. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 1, p. 182-192, 2008.

GANGADHARAN, D.; SIVARAMAKRISHNAN, S. Amylolytic Enzymes In: NIGAN, S.; PANDEY, A. **Biotechnology for agro-industrial residues utilisation USA**: Springer, 2009.

HOSENEY, R. C. **Principles of cereal science and technology**. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1994

IGOE, R. S. **Dictionary of food ingredients**. US: Springer, 2011.

IMESON, A. **Thickening and gelling agents for food**. New York: Chapman & Hall, 1997.

KATINA, K. *et al.* Effects of sourdough and enzymes on staling of high-fibre wheat bread. **Swiss Society of Food Science and Technology**, v.39, p. 479-491, Mar. 2005. Disponível em: <[www.sciencedirect.br](http://www.sciencedirect.br)>. Acesso em: 05 out. 2012.

KHAN, R. **Low-calorie foods and food ingredients**. Londres: Chapman & Hall, 1993.

LAWSON, H. W. **Food oils and fats: technology, utilization and nutrition**. USA: Springer, 1995.

LAWSON, H. W. **Food oils and fats: technology, utilization and nutrition**. USA: Springer, 1995.

LIMA, R. J.; NASSU, T. R. Substitutos de gorduras em alimentos: características e aplicações. **Química Nova**, v. 19, n.2, p.127-134, 1996.

LUNARDINI, A. C. Como melhorar a textura, sabor e performance de produtos em panificação. **ABAM**, 2005. Disponível em: <<http://www.abam.com.br/revista/revista11/textura.php>>. Acesso em: 25 out. 2012.

LUSAS, E. W. Animal and vegetable fats, oils, and waxes. In: KENT, J. A. **Kent and Riegel's Handbook of Industrial Chemistry and Biotechnology**. 2007. Disponível em: <[http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-0-387-27843-8\\_34](http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-0-387-27843-8_34)>. Acesso em: 05 out. 2012.

MADI, L. *et al.* **Brasil food trends 2020**. São Paulo: Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL) e Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP). 2011.

MAGNO, C. P. R. S. **Efeito da adição da polpa de laranja nas características reológicas da massa e na qualidade tecnológica do pão**. 1996. 126 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1996.

MARÍN, N. *et al.* By-products from different citrus processes as a source of customized functional fibres. **Food Chemistry**, v.100, n.2, p. 736-741, 2007.

MARTÍ N. *et al.* Fiber from tangerine juice industry. **Industrial Crops and Products**, n. 33, p. 94-98, 2011.

MARZZOCO, A.; TORRES, B. B. **Bioquímica básica**. 3. ed. Rio de Janeiro:Guanabara Koogan, 2007

MATOS-CHAMORRO, A.; CHAMBILLA-MAMANI, E. Importancia de la fibra dietética, sus propiedades funcionales en la alimentación humana y en la industria alimentaria. **Revista de Investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos**, v. 1, n. 1, p.4-17, 2010.

MONTEIRO, C. S. *et al.* Evolução dos substitutos de gordura utilizados na tecnologia de alimentos. **Boletim CEPPA**, v. 24, n. 2, p. 347-362, jul./dez. 2006.

O'BRIEN, C. M. *et al.* Evaluation of the effects of fat replacers on the quality of wheat bread. **Journal of Food Engineering**. Oxford, v. 56, n. 2-3, p. 265-267, 2003.

OBESITY IN AMERICA. **Obesity-related diseases**. Disponível em: <<http://www.obesityinamerica.org/understandingObesity/diseases.cfm>> Acesso em: 04 out. 2012.

ORTHOEFER, F. Applications of emulsifiers in baked foods. In: HASENHUETTL, G.; HARTEL, R. **Food emulsifiers and their applications**. 2. ed. US: Springer, 2008.

OWENS, G. **Cereal processing technology**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2001.

PHILIPPI, S. T. **Nutrição e dietética**. 2. ed. São Paulo: Manole, 2006.

PINHEIRO, M. V. S.; PENNA, A. L. B. Substitutos de gordura: tipos e aplicações em produtos lácteos. **Alimentos e Nutrição**, v. 15, n. 2, p. 175-186, 2004.

PURHAGEN, J. K.; SJOO, M. E.; ELIASSON, A. Fibre-rich additives: the effect on staling and their function in free-standing and pan-baked bread. **Journal of Science and Food Agriculture**, n. 92, p. 1201-1213, 2012.

QUEIJI, M. F. D. *et al.* Propriedades reológicas da massa de farinha de trigo adicionada de alfa-amilase. **Publication UEPG - Ciências Exatas e da Terra, Agrárias e Engenharias**, v. 12, n. 02, 2006.

RANHOTRA, G. S.; GELROTH, J. A.; EISENBRAUN, G. J. Gluten index and bread-making quality of commercial dry glutes. **Cereal Foods World**, v. 37, n. 3, p. 261-263, 1992.

REZZADORI, K.; BENEDETTI, S.; AMANTE, E. R. Proposals for the residues recovery: orange waste as raw material for new products. **Food and bioproducts processing**, v. 90, p.606-614, 2012.

ROACH, R. R.; HOSENEY, R. C. Monocaprin and tricaprin in bradmaking. **Cereal Chemistry**, v. 73, n. 2, p. 197-198, 1996.

ROMERO-LOPEZ, M. R. *et al.* Fiber concentrate orange (*citrus sinensis* L.) bagase: characterization and application as bakery product ingredient. **International Journal of Molecular Science**, v. 12, p. 2174-2186, 2011.

SALINAS, R. D. **Alimentos e nutrição**: introdução à bromatologia. 3. ed. Porto Alegre: ArtMed, 2002.

SANTANA, M. F. S.; GASPARETTO, C. A. Microestrutura da fibra alimentar do albedo de laranja: um estudo por técnicas físicas e análise de imagens. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 2, p. 124-134, jan./mar. 2009.

SANTOS, A. A. O. *et al.* Elaboração de biscoitos de chocolate com substituição parcial da farinha de trigo porovilhado azedo a farinha de albedo de laranja. **Ciência Rural**, v. 41, n.3, p. 531-536, Mar. 2011.

SCHIEBER, A.; STINTZING, F. C.; CARLE, R. By-products of plant food processing as a source of functional compounds – recent developments. **Trends in Food Science and Technology**, v. 12, p. 401-413, 2001.

SENAC. Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial. **Apostila panificação**. Rio de Janeiro: SENAC, 2009.

SIRÓ, I. A. *et al.* Functional food: product development, marketing and consumer acceptance – a review. **Appetite**, v. 51, n. 3, p. 456-467, 2008.

STATE, P. **Fat replacers: olestra**. 1999. Disponível em: <<http://pubs.cas.psu.edu/FreePubs/pdfs/uk058.pdf>>. Acesso em: 22 out. 2012.

STAUFFER, C. E. Principles of dough formation. In: CAUVAIN, S. P.; YOUNG, L. S. **Technology of breadmaking**. US: Springer, 2007.

STEFFOLANI, M. E. E. A. Effect of glucose oxidase, transglutaminase, and pentosanase on wheat proteins: Relationship with dough properties and bread-making quality. **Journal of Cereal Science**, v. 51, n. 3, p. 366-373, 2010.

USDA. **Education and research**. 2010. Disponível em: <<http://www.usda.gov>>. Acesso em: 07 ago. 2012.

VAZ, J. S. *et al.* Ácidos graxos como marcadores biológicos da ingestão de gorduras. **Revista de Nutrição**, Campinas, SP, 2006. p. 489-500.

VITTI, P. Pão. In: LIMA, A. L. *et al.* **Biotecnologia Industrial**. São Paulo: Edgar Blucher, 2001. v. 4. cap. 13.

WANG, J.; ROSELL, C. M.; BARBER, C. B. Effect of the addition of different fibres on wheat dough performance and bread quality. **Food Chemistry**, n. 79, p. 221-226, 2002.

WILLIAM, W.; PULLEN, G. Functional ingredients. In: CAUVAIN, S. T.; YOUNG, L. S. **Technology of breadmaking**. US: Springer, 2007.

YANG, A. *et al.* Evaluation of some binders and fat substitutes in low-fat frankfurters. **Journal of Food Science**, v. 66, n. 7, p. 1039-1046, 2001.

YORK D. A. *et al.* Obesity, a worldwide related to heart disease and stroke group I: worldwide demographics of obesity. **Circulation** v. 110, n. 18, p. 463-470, 2004.

ZAMBRANO, F. S. C.; ORMENESE, R. D. C.; PIZZINATTO, A. Cookies com substituição parcial de gordura: composição centesimal, valor calórico, características físicas e sensoriais. **Brazilian Journal of Food Technology** n. 72. 2002.