UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS
Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica
Área de Tecnologia de Alimentos

Propriedades reológicas da massa de pão francês adicionada de fibra alimentar e características sensoriais do produto após assamento

Meibel Durigam Ferreira Pessanha

Dissertação para obtenção do Título de
MESTRE

Orientadora:
Profa. Dra. Suzana Caetano da Silva Lannes

São Paulo
2016

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS
Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica
Área de Tecnologia de Alimentos

Propriedades reológicas da massa de pão francês adicionada de fibra alimentar e características sensoriais do produto após assamento

Meibel Durigam Ferreira Pessanha

Versão Original

Dissertação para obtenção do Título de
MESTRE

Orientadora:
Profa. Dra. Suzana Caetano da Silva Lannes

São Paulo
2016

Ficha Catalográfica
Elaborada pela Divisão de Biblioteca e
Documentação do Conjunto das Químicas da USP.

Pessanha, Meibel Durigam Ferreira
P475p Propriedades reológicas da massa de pão francês adicionada
de fibra alimentar e características sensoriais do produto após
assamento / Meibel Durigam Ferreira Pessanha -- São Paulo,
2016.
119p.

Dissertação (mestrado) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas
da Universidade de São Paulo. Departamento de Tecnologia
Bioquímico-Farmacêutica.
Orientador: Lannes, Suzana Caetano da Silva

1. Alimentos: Processamento: Tecnologia 2. Reologia 3. Panificação
I. T. II. Lannes, Suzana Caetano da Silva, orientador.

664 CDD

Meibel Durigam Ferreira Pessanha

Propriedades reológicas da massa de pão francês adicionada de fibra alimentar e características sensoriais do produto após assamento

Comissão Julgadora
da
Dissertação para obtenção do Título de Mestre

Profa. Dra. Suzana Caetano da Silva Lannes
orientador/presidente

1o. examinador

2o. examinador

São Paulo, ____ de _____ de 2016

Dedico este trabalho às minhas filhas, Beatriz e Manuela e ao meu marido Rogério, amigo e companheiro, pela compreensão, paciência e apoio em todos os momentos e especialmente a minha mãe, Elda, que se entregou totalmente para minha formação moral e intelectual!

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida e conquistas realizadas.

À minha família pelo apoio, incentivo e paciência.

À Profa. Dra. Suzana Caetano da Silva Lannes, minha orientadora, por me escutar, instruir e ajudar a retomar o amor pela pesquisa.

Aos Funcionários da Faculdade de Ciências Farmacêuticas pelos esclarecimentos e apoio.

À Silvia Helena Carabolante, diretora da Escola SENAI Horácio Augusto da Silveira, e Cristiana Ambiel, coordenadora técnica, por me apoiarem e acreditarem em meu trabalho.

Aos meus queridos: Elaine, Lilian, Cyleni, Jéssica, Márcia, Flávia, Estebe, Cristhian, Marcelo, Mauro, Cristina, Cíntia, Andressa, Érica, Vera, Silvana, Ivone, Beth, Samira, Fábio, Helen, Alice pela amizade, auxílios e ensinamentos.

Ao Sr. Waldir Abbondanza, da empresa Moinho Santa Clara, á Sra. Cristina Uemura, da empresa Clariant S/A e á Sra. Monica Hasserodt, da empresa Globalfood pelo apoio com fornecimento de ingredientes.

Á Marluci, Elda, Rogério, Maria Eugênia, Elaine, João, Juceline e Sergio, por cuidarem das minhas filhas para que eu me dedicasse à conclusão deste estudo.

A todos que direta e indiretamente contribuíram para que eu finalizasse este trabalho.

*“Aquilo que eu escuto, eu esqueço,
Aquilo que eu vejo, eu lembro,
Aquilo que eu faço, eu aprendo”
Confúcio*

RESUMO

PESSANHA, M. D. F.; LANNES, S. C. S. **Propriedades reológicas da massa de pão francês adicionada de fibra alimentar e características sensoriais do produto após assamento**. São Paulo, 2016. 119 f. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

A Associação Brasileira da Indústria da Panificação e Confeitaria-ABIP (2013) apontou o Brasil como quinto maior consumidor de pão de trigo da América Latina, sendo 83% o consumo de pão artesanal (46% - pão francês) e 17% de pão industrial. O consumo médio brasileiro foi de 34,09 kg/habitante/ano em 2012. Considerando o consumo de pão francês, vislumbrou-se o desenvolvimento deste tipo de pão com adição de fibras, visando o aumento da ingestão diária deste prebiótico pelos brasileiros. A fibra alimentar absorve quantidades consideráveis de água, interagindo com ingredientes da formulação influenciando as características reológicas da massa e sensoriais do pão. Sua ingestão diária auxilia na prevenção de doenças como câncer de cólon e de doenças cardiovasculares, reduzindo o nível de colesterol no sangue; diminui o tempo de trânsito intestinal e a quantidade de glicose sanguínea pós-prandial e o nível de insulina, e também promove uma ação tamponante no excesso de acidez no estômago (ANIL, 2007; VITOLLO et al., 2007; SIVAM et al. 2010). Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar as propriedades reológicas da massa de pão francês adicionada de fibra alimentar e as características sensoriais dos pães obtidos das melhores formulações. Foram estudadas substituições de farinha de trigo em 3 e 5% de fibra insolúvel (bambu) e em 3 e 5% de fibra solúvel (goma tara), empregando-se análises de farinografia, extensografia, alveografia e textura para avaliação da massa, e atividade de água, cor, volume, textura e análise sensorial para avaliação dos pães. No ensaio de farinografia, verificou-se o aumento da absorção de água, do tempo de desenvolvimento em todas as substituições; o emprego da fibra de bambu aumentou o tempo estabilidade à mistura, enquanto a goma tara na concentração de 3% reduziu este tempo sem que a mistura perdesse qualidades de aplicação. A substituição da farinha em 5% por fibra solúvel afetou negativamente as características da massa formada, devido ao alto teor de absorção de água (83%),

formando uma massa muito mole, pouco consistente e de difícil manipulação. A introdução destas fibras afetou as características reológicas da massa (elasticidade e extensibilidade), deixando-a mais elástica, causando um efeito melhorador. Na análise de *Back Extrusion* se constatou que as massas atendiam ao Modelo de *Herschel-Bulkley*. O emprego das fibras não afetou a formação de uma crosta craquelada e abertura de pestana nos pães. A fibra insolúvel gerou pães com volume menor, devido a maior consistência da massa e aumento mais significativo na resistência à extensão. O pão francês com 3 % de fibra solúvel apresentou um miolo mais claro que o padrão, com maiores valores médios de L* (luminosidade) e mais macio (nos 3 dias de avaliação da firmeza). O pão com 5% de fibra de bambu não diferiu significativamente na Análise de Perfil de Textura do padrão, todavia, apresentou as menores médias na análise sensorial de aceitação, sendo o pão francês com 3% de goma tara melhor aceito que o pão com 5% de fibra de bambu.

Palavras chave: pão francês, fibra alimentar, análises reológicas, textura do pão, *back extrusion*.

ABSTRACT

PESSANHA, M. D. F.; LANNES, S. C. S. **Rheological Properties of French bread dough added of dietary fiber and product sensorial features after baking.** São Paulo, 2016. 119 f. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

Brazilian Association of Bakery Industry (ABIP) pointed Brazil as the fifth largest wheat bread consumer in Latin America, 83% artisanal bread consumption (46% - French bread type) and 17% of industrial bread. Brazilian average consumption was 34.09 kg / capita / year on 2012. Considering the consumption of French bread, aimed to the development of this type of bread with fibers addition, in order to increase the daily intake of this prebiotic by Brazilian people. The dietary fiber absorbs considerable quantities of water, interacting with the ingredients of the formulation affecting the rheological characteristics of dough and sensory bread quality. The fibers daily intake prevents diseases such as colon cancer and cardiovascular disease by reducing cholesterol levels in the blood; decrease intestinal transit time and the amount of postprandial blood glucose and insulin levels, and promotes a buffering action in excess stomach acidity. The aims of this study were to evaluate the rheological properties of French bread dough with added dietary fibers, and the sensory characteristics of those breads obtained from the best recipes. Wheat flour substitutions in 3 and 5% insoluble fiber (bamboo) and 3 and 5% of soluble fiber (tara gum) were studied. For this propose were applied farinograph, extensograph, alveograph and texture analysis for assessment of dough, and water activity, color, volume, texture and sensory analysis for evaluation of the loaves. In farinograph assay were observed an increase of the water absorption and of the development time for all substitutions. The use of insoluble fiber increased the mixture stability, while soluble fiber reduced this time at a concentration of 3%, without mixing lost application qualities. The substitution of wheat flour by 5% of soluble fiber affected negatively the dough characteristics, due to the high water absorption (83%), forming a very soft dough, little consistent and of the difficulty handling. The introduction of these fibers affects the dough rheological characteristics (elasticity and extensibility), making it more elastic, causing an

enhancing effect. In Back Extrusion analysis, the doughs were adapted to the Herschel-Bulkley model. The use of the fibers does not affect the formation of a crunchy crust and opening eyelash in breads. The breads with insoluble fibers presented less volume due to doughs that were more consistent, with more significant increase in resistance to extension. French bread with 3% of soluble fiber showed a lighter crumb than standard, with higher average values of L^* (lightness) and softer (in the 3-day trial of firmness). Bread with 5% of insoluble fiber did not differ significantly from the standard, in the texture profile analysis, however, it had the lowest average in the sensory analysis, and French bread with 3% soluble fiber was better accepted than bread with 5 % of insoluble fiber.

Key words: French bread, dietary fiber, rheology, bread texture, *back extrusion*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Gráfico obtido da análise de compressão-extrusão para massa de pão não fermentada	50
Figura 2 -	Farinógrafo (Farinograph E - Brabender GMBH).....	56
Figura 3 -	Extensógrafo (Extensograph E - Brabender GMBH)	57
Figura 4 -	Alveógrafo NG (Alveograph – Chopin – FR) e Alveolink.....	58
Figura 5 -	Diagrama de blocos de processamento do pão Francês	61
Figura 6 -	Medidor de volume, por deslocamento de semente, Vondel (modelo MVP1300, Brasil)	62
Figura 7 -	Análise de Perfil de Textura	63
Figura 8 -	Farinograma obtido da farinha de trigo.....	67
Figura 9 -	Farinograma obtido da farinha de trigo adicionada de 3% de fibra insolúvel	68
Figura 10 -	Farinograma obtido da farinha de trigo adicionada de 5% de fibra insolúvel	68
Figura 11 -	Farinograma obtido da farinha de trigo adicionada de 3% de fibra solúvel.....	69
Figura 12 -	Farinograma obtido da farinha de trigo adicionada de 5% de fibra solúvel.....	69
Figura 13 -	Extensograma da farinha de trigo.....	73
Figura 14 -	Extensograma da farinha de trigo com fibra insolúvel (fibra de bambu) 3% (A) e 5% (B)	73
Figura 15 -	Extensograma da farinha de trigo com fibra solúvel (goma tara) 3% (A) e 5% (B)	74
Figura 16 -	Pães a: padrão; b: farinha + 3%FI; c: farinha + 5%FI; d: farinha + 3%FS (FI – fibra insolúvel, FS-fibra solúvel) após resfriamento	83
Figura 17 -	Miolo dos pães a: padrão; b: farinha + 3%FI; c: farinha + 5%FI;	84
Figura 18 -	Gráfico da variação de Volume (cm ³) das amostras dos pães padrão, com adição de 3% de fibra solúvel, 3 e 5% de fibra insolúvel.....	87
Figura 19 -	Variação da firmeza e mastigabilidade das amostras de pão francês padrão, com 3% de fibra solúvel, 3 e 5% de fibra insolúvel	89

Figura 20 -	Intenção de compra para as amostras de pão francês padrão, com 3% de fibra solúvel e 5% de fibra insolúvel	93
Figura 21 -	Características que os provadores mais gostaram nas amostras de pão francês padrão, com 3% de fibra solúvel e 5% de fibra insolúvel .	93
Figura 22 -	Características que os provadores menos gostaram nas amostras de pão francês padrão, com 3% de fibra solúvel e 5% de fibra insolúvel .	94

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Formulação empregada no preparo de amostra padrão.....	59
Tabela 2 -	Resultados da Análise de Farinografia (Médias $\pm$ desvio padrão)	71
Tabela 3 -	Resultados da Análise de Extensografia (Médias $\pm$ desvio padrão)	75
Tabela 4 -	Resultados da Análise de Alveografia (Médias $\pm$ desvio padrão)	78
Tabela 5 -	Resultados da Análise de Compressão Extrusão, massa não fermentada (médias $\pm$ desvio padrão)	81
Tabela 6 -	Resultados da Análise de Compressão Extrusão, pós-fermentação (médias $\pm$ desvio padrão)	82
Tabela 7 -	Resultados das Análises de atividade de água e volume (médias $\pm$ desvio padrão)	85
Tabela 8 -	Resultados do volume do pão Francês (médias $\pm$ desvio padrão).....	86
Tabela 9 -	Resultados da Análise de cor (médias $\pm$ desvio padrão)	87
Tabela 10 -	Resultados da análise de Perfil de Textura do miolo do pão francês (média $\pm$ desvio padrão).....	90
Tabela 11 -	Resultados da análise de Perfil de Textura do miolo do pão francês, após 1 dia (média $\pm$ desvio padrão)	90
Tabela 12 -	Resultados da análise de Perfil de Textura do miolo do pão francês, após 2 dias (média $\pm$ desvio padrão).....	91
Tabela 13 -	Resultados da Análise Sensorial das amostras de pão francês padrão, com 3% de fibra solúvel e 5% de fibra insolúvel (médias $\pm$ desvio padrão)	92

LISTA DE SIGLAS

DATEM	Éster de ácido diacetil tartárico de mono e diacilgliceróis
IFIC	<i>International Food Information Council Foundation</i>
USDA	<i>Unites State Department of Agriculture</i>
USA	Estados Unidos da América
EUA	Estados Unidos da América
ABIP	Associação Brasileira da Indústria da Panificação
Propan	Programa de Desenvolvimento da Alimentação, Confeitaria e Panificação
AACC	<i>American Association Of Cereal Chemists International</i>
LDL	Lipoproteína de baixa densidade
UF	Unidades farinográficas
UB	Unidades Brabender
LBG	<i>Locust Bean Gum</i> ou goma Locusta ou Alfarroba
R _{máx}	Resistência máxima a extensão
HPMC	Hidroxipropilmetilcelulose
FI	Fibra insolúvel
FS	Fibra solúvel
ITM	Índice de tolerância à mistura
P	Tenacidade
L	Extensibilidade
W	Energia de deformação ou energia de deformação da massa
P/L	Índice de configuração da curva
R	Resistência a extensão
E	Extensibilidade
D	Número proporcional
RPM	Rotações por minuto
CIELAB	Comissão Internacional em Iluminação – Sistema L* a* b*
FCF	Faculdades de Ciências Farmacêuticas
USP	Universidade de São Paulo

CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
ANOVA	Análise de Variância
CV	Coeficiente de variação

LISTA DE SÍMBOLOS

β	Beta
μm	Micrometro
%	Porcentagem
α	Alpha
mm	milimetro
CO_2	Dióxido de carbono
$^{\circ}\text{C}$	Graus Celsius
Nm	Newton.metro
L^*	Luminosidade
a^*	Coordenada cromática do vermelho ao verde
b^*	Coordenada cromática do amarelo ao azul
κ	Kappa
g	Grama
kg	Quilograma
mmH ₂ O	Milímetro de coluna d'água
RPM	Rotações por minnuto
J	Joule
cm	Centímetro
cm ²	Centímetro quadrado
σ	Tensão de cisalhamento
σ_0	Tensão inicial de cisalhamento
K	Coeficiente de consistência
$\dot{\gamma}$	Taxa de cisalhamento
η	Índice de viscosidade
N	Newlton
N.s	Newlton.segundo
mm/s	Milímetros por segundo
s	Segundos
h	Hora
cm ³	Centímetro cubico

SUMÁRIO

1. Introdução	20
2. A Farinha de trigo e seus componentes.....	22
3. Pão	26
3.1 Ingredientes	27
3.2 Processo	27
4. Fibra Alimentar	30
5. Aplicação de Fibras em Pães	33
6. Reologia.....	46
6.1 Estudo das propriedades da farinha de trigo	46
6.2 Textura.....	48
6.2.1 <i>Análise de compressão e extrusão (Back extrusion)</i>	48
6.2.2 <i>Análise de Textura do Miolo do Pão</i>	50
7. Objetivo Geral	52
7.1 Objetivos específicos do projeto.....	52
8. Justificativa	53
9. Material e Métodos	54
9.1 Ingredientes para a preparação das amostras	54
9.2 Determinação de umidade	54
9.3 Farinografia	55
9.4 Extensografia	56
9.5 Alveografia	57
9.6 Análise de compressão-extrusão (<i>Back Extrusion</i>)	58
9.7 Produção do pão Francês	59
9.8 Volume.....	61
9.9 Atividade de água	62
9.10 Textura.....	62
9.11 Cor	63
9.12 Análise Sensorial	64
9.13 Análise dos resultados	65
10. Resultados e Discussão	66
10.1 Farinografia	66

10.2 Extensografia	72
10.3 Alveografia	76
10.4 Análise de Compressão e extrusão (<i>Back Extrusion</i>)	79
10.5 Resultados da análise do pão Francês	83
10.5.1 Atividade de água	84
10.5.2 Volume	85
10.5.3 Cor.....	87
10.6 Análise de Perfil de Textura	88
10.7 Análise Sensorial	92
11. Conclusão.....	95
13. Referências.....	96
ANEXO I - Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa	104
ANEXO II - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE.	107
ANEXO III - FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL DE PÃES	111
ANEXO IV - Especificações Técnicas da Fibra Insolúvel	112
ANEXO V - Especificações Técnicas da Fibra Solúvel.....	115
ANEXO VI - Informações para os Membros de Banca Julgadoras de	
Mestrado/Doutorado	117
ANEXO VI - Ficha do Aluno	118

1. Introdução

Desde a década de 60 pesquisadores, como Hugh Trowell, vem estudando o papel e a importância de uma dieta rica em fibras para que algumas doenças sejam evitadas.

Em seu estudo de 1960, Trowell verifica que sul africanos, da região do Saara, não apresentavam um histórico de doenças como diverticulite, câncer de cólon, hemorroidas, pólipos entre outras, constando que essas pessoas tinham uma alimentação rica em fibras, através do consumo de alimentos pouco ou não industrializados, quando comparado a alimentação pobre em fibras de pessoas residentes em países desenvolvidos, que apresentavam um histórico das doenças relacionadas (Trowell,1976)

Uma pesquisa, realizada pela empresa Tate & Lyle (Black; Lewis, 2009) com consumidores Norte Americanos, Brasileiros e Mexicanos, mostrou que estes consideram a fibra como um ingrediente benéfico à saúde, que auxilia no controle de peso, numa digestão saudável, prevenindo doenças relacionadas ao intestino e assim estariam dispostos a pagar por alimentos ricos em fibras. Constatando que, de 2007 a 2009, 65% dos americanos, 67% dos brasileiros e 69% dos mexicanos relataram ter aumentado o interesse na alimentação saudável.

Para muitos consumidores, a inclusão de fibras serve como uma indicação de que um produto é saudável. Em 2008, pesquisas mostraram que aproximadamente 52% dos consumidores consideram a presença de fibras em alimentos como um atributo que contribui para sua decisão de compra. É mais do que o considerado para a compra de alimentos com redução de açúcar, adicionados de vitaminas, minerais e antioxidantes. O USDA (*Unites State Department of Agriculture*) relatou a maioria dos americanos não ingere a quantidade diária recomendada de fibras (25 g para mulheres, 38 g para homens), ingerindo em média 15 g por dia (U.S. *Department of Agriculture*, 2010).

Em 2008, a pesquisa do *International Food Information Council Foundation* (IFIC) (International Food Information Council (IFIC) Foundation, 2008) mostrou que 77% das pessoas tentam consumir mais fibra. Estas pesquisas evidenciam a obesidade como uma preocupação principal nos USA e da América Latina e de organizações governamentais, bem como dos consumidores. Assim, considerando a

importância da fibra no controle peso e outras doenças constata-se a necessidade de aumentar a oferta e variedade de alimentos com alto teor de fibras (BLACK, LEWIS, 2009).

O Brasil tem instaladas mais de 63 mil panificadoras, sendo a panificação um dos maiores segmentos industriais do país. No estado de São Paulo estão concentradas 12.764 padarias, a maior concentração do país. Em segundo lugar está o estado do Rio de Janeiro, 7400 padarias, depois Rio Grande do Sul, com 6.58 e em quarto lugar Minas Gerais, com 5.455 (PERFIL DA PANIFICAÇÃO, 2012). Segundo pesquisa da Associação Brasileira da Indústria da Panificação (ABIP), o Brasil é o quinto maior consumidor de pão de trigo entre os países da América Latina, com um consumo de pão artesanal de 83% (46% - pão francês) e 17% de pão industrial, com um consumo médio de 34,09 kg/habitante/ano, em 2012, conforme divulgado por pelo Programa de Desenvolvimento da Alimentação, Confeitaria e Panificação (Propan) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PANIFICAÇÃO E CONFEITARIA, 2013).

Considerando a importância da ingestão de fibra alimentar e o consumo de pão francês no Brasil, o presente estudo tem por objetivo avaliar as propriedades reológicas da massa de pão francês adicionada de fibra alimentar e verificar as características sensoriais deste pão.

2. A Farinha de trigo e seus componentes

O trigo é o cereal mais importante cultivado no mundo. Com sua moagem obtém-se a farinha de trigo, com aproximadamente 250 μm de granulometria, o principal ingrediente para a produção de pães. Seus principais constituintes são: carboidratos, proteínas, lipídeos, fibra alimentar, minerais e vitaminas. Dentre as farinhas obtidas de cereais apenas a de trigo é capaz de formar uma massa coesa e forte suficiente para reter gás e gerar um produto assado leve e aerado (HOSENEY, 1998).

Dentre os componentes da farinha o amido é o carboidrato em maior quantidade, presente na massa em sua forma nativa, como grânulos semi-cristalinos. Na preparação da massa o grânulo absorve cerca de 46% de água. O amido presente no trigo é constituído de cerca de 25% de amilose, polímero linear formado por unidades de glicose ligadas por ligações glicosídicas α -1,4 e 75% de amilopectina, polímero composto por unidades de glicose com ramificações caracterizadas por ligações glicosídicas α -1,6 (GOESAERT ET AL., 2005).

Durante o assamento, com o calor do forno, a umidade os grânulos de amido gelatinizam e intumescem. Neste processo, uma fração da amilose sai do grânulo, e solubilizada forma complexos com lipídeos polares presentes na farinha e com os adicionados à massa. Com o resfriamento, a amilose solubilizada forma uma rede contínua, onde os grânulos de amido intumescidos e deformados estão encaixados e interligados, como consequência, com o tempo de estocagem o pão gradualmente perde seu frescor e endurece. Tal processo envolve: o endurecimento da crosta, o aumento da firmeza do miolo e perda da elasticidade e umidade, como também do sabor (HOSENEY, 1998).

Outros carboidratos importantes presentes na farinha, os polissacarídeos não amiláceos, derivam das paredes celulares e constituem-se das arabinoxilanas (ou pentosanas), β -glucanas, celulose e de peptídeos-arabinogalactanas, contribuem com o total de fibras naturalmente presente na farinha de trigo. Estes diferem da amilose e amilopectina pelos monossacarídeos que os compõem e/ou pelo tipo de suas ligações. As arabinoxilanas e uma mistura de 1,3/1,4- β -D-glucanas são as principais fibras polissacarídicas do trigo. As arabinoxilanas, constituindo mais que 75% do endosperma do trigo, influenciam as propriedades reológicas, o balanço de

água da massa de pão e a retrogradação do amido. Elas diminuem a disponibilidade de água para o glúten no desenvolvimento da massa devido a sua alta capacidade de absorvê-la, afetando a distribuição de umidade entre os constituintes da massa, alterando suas propriedades reológicas e aumentando seu tempo de desenvolvimento. As peptídeo-arabinogalactanas interagem com o glúten, causando a redução da absorção de água e da extensibilidade (GOESAERT et al., 2005; SIVAM et al., 2010).

Os lipídeos contidos na farinha de trigo provêm das membranas, organelas e esferossomos do grão de trigo e compreendem diferentes estruturas químicas. São originários principalmente do endosperma, aleurona e gérmen do trigo. São classificados em lipídeos polares e apolares ou neutros. A maioria dos lipídeos polares está presente no endosperma. Cerca 40% dos lipídeos polares estão ligados ao grânulo de amido e não exercem influência na fabricação de pães, os demais, os glicolipídeos (monoglicosídiglicerídeos e diglicosídiglicerídeo) e fosfolipídeos (fosfatídilglicerol) já tem um papel relevante no volume de pães e estabilização de bolhas de gás. Os lipídeos neutros de maior interesse são triacilgliceróis, diacilgliceróis, ácidos graxos livres e esterol ésteres. (CAUVAIN, 2003)

Os lipídeos melhoraram a estabilidade das bolhas de gás da massa, pois formam uma camada lipídica na interface gás/líquido, o que favorece o aumento de retenção de gás da massa (RIOS et al., 2014; GOESAERT et al., 2005).

O teor de proteína na farinha de trigo varia de 7 a 15% (SIVAM et al., 2010). Conforme sua funcionalidade, a proteína pode ser dividida em proteínas não glúten, que possuem uma pequena participação e influenciam na massa de pães, e as proteínas do glúten que desempenham importante papel na formação e reologia da massa para pães.

As proteínas não glúten representam entre 15 e 20% do total das proteínas do trigo, e localizam-se principalmente nas camadas mais externas do grão de trigo e em menores concentrações no endosperma. A maior parte destas proteínas é solúvel em solução salina diluída, sendo classificadas como albuminas e globulinas (GOESAERT et al., 2005). As proteínas do glúten variam de 80 a 90% do total de proteínas do trigo (SIVAM et al., 2010). Elas são encontradas no endosperma do grão maduro formando uma matriz contínua em torno dos grânulos de amido. São insolúveis em água ou em soluções diluídas de sal (GOESAERT et al., 2005).

As proteínas da farinha determinam sua qualidade para a aplicação na fabricação de pães. A quantidade e a qualidade das proteínas são importantes em panificação. Sendo o glúten o principal responsável pelas propriedades viscoelásticas e pela capacidade da massa de reter gás no processo de fermentação e assamento. A quantidade e as características viscoelásticas do glúten direcionam o uso da farinha. Para pães recomenda-se uma farinha com teor de mediano a alto de glúten equilibrado e forte (CARVALHO, 2001; DOBRASZCZYK, 2004)

As proteínas do glúten são um sistema altamente polidisperso de polímeros, classificados conforme sua extração em álcool em: gliadinas ou gluteninas. As gliadinas são polipeptídios de cadeia única com peso molecular entre 2×10^4 e 7×10^4 , enquanto as gluteninas são poliméricas de cadeia múltipla, nas quais polipeptídios individuais formam uma rede devido a ligações dissulfídicas intermoleculares e pontes de hidrogênio, conferindo um grande peso molecular, que varia de 10^5 para além de 10^8 . Os polímeros de glutenina influenciam a resistência à deformação ou elasticidade da massa, enquanto gliadinas agem como um plastificante do sistema polimérico de glutenina, conferindo viscosidade e extensibilidade à massa (SIVAM et al., 2010; GOESAERT et al., 2005; DOBRASZCZYK, 2004;).

Entre as proteínas presentes na farinha de trigo têm-se as enzimas. Estes compostos proteicos desempenham importantes funções em processos de panificação. A farinha de trigo possui lipoxigenase que atua como um agente branqueador da farinha, por atacar os carotenóides presentes, fato que favorece um miolo de pão mais claro. As proteases desempenham um papel importante, pois com a hidrólise proteica forma-se nitrogênio orgânico solúvel que é utilizado pelas leveduras na fermentação da massa. (HOSENEY, 1994).

A ação das lípases sobre os triacilgliceróis gera mono e diacilgliceróis e ácidos graxos livres que atuam na massa melhorando suas propriedades reológicas, sendo uma alternativa ao uso de emulsificantes fortalecedores da massa. A ação destas enzimas fortalece e estabiliza a massa, melhorando sua maquinabilidade, produzindo um pão de maior volume, com miolo macio de estrutura uniforme. Também os mono e diacilgliceróis formados contribuem em evitar o envelhecimento do pão.

Geralmente a farinha não maltada (obtida de grão que não passou pelo processo de malteação) apresenta altos níveis de β -amilase, enquanto a atividade

da α -amilase é menor, formando um pão com baixo volume e qualidade. A farinha pode ser adicionada de amilase para favorecer a produção de pães com melhor qualidade, pois a hidrólise parcial do amido é importante para a formação de açúcares de baixo peso molecular, empregados pelas leveduras na fermentação da massa, bem como para a formação de açúcares redutores que participam da Reação de Maillard, melhorando a cor da crosta do pão e seu sabor. Também a ação das amilases contribui para o retardamento do endurecimento do pão (GOESAERT et al., 2005).

O teor de cinzas na farinha pode variar de 0,35 a 1,35%. Quanto maior a porcentagem de minerais na farinha maior é o seu grau de extração, resultando em uma farinha com teores de cinzas mais elevados e um pão com miolo mais escuro se comparado ao pão feito com farinha de menor extração. (CAUVAIN; YOUNG, 2009).

3. Pão

Segundo a legislação brasileira pães são os produtos obtidos da farinha de trigo e ou outras farinhas, adicionados de líquido, resultantes do processo de fermentação ou não e cocção, podendo conter outros ingredientes, desde que não descaracterizem os produtos. Podem apresentar cobertura, recheio, formato e textura diversos (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2005).

O pão francês possui uma crosta crocante, craquelada, de espessura aproximada de 3 a 4 mm, uma estrutura de miolo aberta com células aleatoriamente distribuídas e grande volume específico. (ALMEIDA; CHANG, 2013; MARTIN et al., 2013).

O pão é um alimento proveniente do processo de fermentação, principalmente, dos carboidratos derivados do amido da farinha de trigo, envolvendo interações químicas de vários componentes dos ingredientes utilizados em sua fabricação (SIVAM et al., 2010).

O processamento pães (panificação) consiste na mistura da farinha de trigo, a água, o sal, o açúcar e a levedura, originando uma massa viscoelástica, que será fermentada, e posteriormente assada. Um processo complexo envolvendo etapas como mistura, para formação da massa, descanso, divisão, fermentação e assamento, resfriamento e embalagem, (ZHOU; HUI, 2006; SIVAM et al, 2010). A produção pode acontecer pelo método direto (ingredientes são misturados juntos de uma vez) ou método esponja (a mistura de água, levedura e farinha é fermentada, para formar a esponja, e depois procede-se como no método direto) (ZHOU; HUI, 2006).

O pão francês assa em forno aquecido (em altas temperaturas), sem a necessidade do emprego de formas, mas sim de uma assadeira. A injeção de vapor no início do assamento propicia a formação da crosta crocante e craquelada característica deste tipo de pão. Esta ação retarda a formação da crosta, dissolve as dextrinas, açúcares e peptídeos na superfície do pão. Seu miolo é claro, macio, com uma estrutura aberta (ALMEIDA; CHANG, 2013).

3.1 Ingredientes

Os ingredientes básicos para a produção de pão são: farinha de trigo, fermento, sal e água (CAUVAIN; YOUNG, 2009; HOSENEY, 1994). Também a gordura, o açúcar, o leite ou sólidos de leite, oxidantes, enzimas, surfactantes e conservadores podem ser empregados na fabricação de pães (HOSENEY, 1994).

A farinha como já mencionado é a matéria-prima responsável pela estrutura do pão. O fermento (leveduras) tem a função de converter açúcares em gás carbônico e álcool. A fermentação também tem importante papel sobre as características reológicas da massa. O sal é adicionado entre 1-2% sobre a porcentagem de farinha. Sua função é conferir o sabor salgado e também afeta a reologia da massa, deixando-a mais forte. E a água que atua como um plastificante e solvente (HOSENEY, 1994), essencial para a formação da rede de glúten (CAUVAIN; YOUNG, 2009). A gordura influencia o tempo que o pão permanece macio, confere maior volume ao pão e também atua como um plastificante da massa (RIOS et al., 2014). O açúcar age como substrato para a levedura, auxilia na coloração da crosta e confere sabor doce ao pão (em massas doces ou semi-doces). Os ingredientes oxidantes como ácido ascórbico agem como melhoradores, influenciando a força da massa, resultando em um pão com mais volume e melhor textura. Os surfactantes empregados, como os monoacilgliceróis, auxiliam na manutenção da maciez do pão por mais tempo. Outros surfactantes também podem agir sobre a força da massa (HOSENEY, 1994) como éster de ácido diacetil tartárico de mono e diacilgliceróis (DATEM), polisorbatos e esteroil lactilato de sódio ou cálcio (PAREYT et al., 2011).

3.2 Processo

Os estágios essenciais da fabricação de pães são a mistura, fermentação e assamento. Cada uma destas fases contribui para a formação da estrutura aerada da massa e do pão (CAUVAIN; YOUNG, 2009).

No processo de mistura tem-se a homogeneização da farinha, água e demais ingredientes gerando uma massa viscoelástica capaz de aprisionar o ar. Pequenas bolhas de ar são incorporadas à massa e estas bolhas formam núcleos que irão inflar, pressionadas pelo gás carbônico produzido durante a fermentação (DOBRASZCZYK, 2004).

A água é adicionada de acordo com a absorção da farinha, para se obter o ótimo desenvolvimento da massa (SIVAM et al. 2010), podendo ser monitorado por equipamentos como o farinógrafo ou mixógrafo. Durante a mistura, a resistência da massa aumenta até um ponto ótimo e depois deste ela diminui (GOESAERT et al., 2005). Após a mistura a massa é dividida em pedaços com peso estipulado de acordo com o pão a ser elaborado, para que este seja produzido com o peso líquido indicado.

O descanso é a etapa seguinte e tem como objetivo obter uma massa macia e extensível para se proceder a uma melhor modelagem. Também confere um tempo para que os pedaços de massa amadureçam adequadamente. A massa é então modelada para caracterizar o formato do pão e acomodada em assadeiras para seguir para a fermentação final (CAUVAIN, YOUNG, 2009).

Na fermentação alterações na rede de glúten têm importante papel na retenção do CO₂ formado e também na sua retenção no forneamento. A retenção de gás influi no volume do pão e na estrutura do miolo (GOESAERT et al., 2005). Nesta etapa o amido é atacado por enzimas e parcialmente degradado em açúcares menores que serão substrato das leveduras, para a formação de CO₂ e álcool. O gás carbônico é retido pela rede glúten, as células crescem e a massa ganha volume. Também, há a formação de outros compostos como ácidos, que contribuem para o sabor do pão. Durante a fermentação a massa permanece entre 28°C a 32°C em atmosfera úmida, as bolhas de ar expandem lentamente, causando um grande aumento do volume, a coalescência ou ruptura das paredes de bolhas adjacentes da massa levam a parada da expansão e a típica estrutura aberta tipo esponja, característica do pão (DOBRASZCZYK, 2004).

O assamento também é uma importante etapa na qual ocorre a transferência de calor e de massa, gerando alterações físicas, químicas e estruturais (SIVAM et al., 2010). Com o aquecimento a temperaturas entre 180 e 220°C, a água evapora e com o ar contido no interior da massa as bolhas expandem e o pão ganha volume

(salto de forno), o amido gelatiniza, as proteínas desnaturam gerando a estrutura final do pão, as leveduras do fermento são inativadas e compostos voláteis como álcool formado na fermentação evaporam e por fim, formam-se a crosta e a coloração típica do pão próximo ao final da etapa. Falhas durante o processo de assamento terão grande impacto sobre a qualidade final do pão, bem como em termos de sua aparência, textura e volume final (DOBRSZCZYK, 2004).

4. Fibra Alimentar

Desde a década de 50, pesquisadores estudam a definição do termo fibra alimentar, bem como seus benefícios à saúde.

Hugh Trowell (1976) estudou informações sobre a ingestão de fibra bruta na Inglaterra e no País de Gales, no período de 1770 e 1970, visando associar a quantidade de fibra bruta ingerida com a ocorrência de doenças isquêmicas do coração, doenças diverticulares e diabetes melitus. Constatou que ocorrência destas doenças era maior nos períodos nos quais a ingestão de fibra bruta era menor, coincidente com períodos de maior oferta de produtos industrializados. Também estudou e comparou informações sobre a quantidade de fibra bruta ingerida entre dois grupos de homens que viviam em Bantos Africanos. Um grupo vivia na região rural e outro grupo de homens que trabalhavam em área urbanizada. Como consequência da urbanização, a quantidade de gordura e açúcar, principalmente, e proteína nos alimentos aumentou. E o consumo de alimentos com amido, ricos em fibra bruta de vegetais e frutas diminuiu. A energia ingerida foi alta nos dois grupos estudados e estava associada a muita atividade física. Mesmo ocorrendo a diminuição do consumo de fibras pelos sul africanos, a quantidade por eles ingerida foi maior que a ingerida pelos ingleses. Também a ocorrência de doenças isquêmicas do coração foi menor nos homens dos Bantos Africanos.

A fibra alimentar pode ser originária de polissacarídeos naturalmente presentes em alimentos, ou polissacarídeos obtidos de alimentos crus por processos físicos, enzimáticos ou químicos, que apresentam algum tipo de benefício à saúde, comprovado cientificamente, ou polissacarídeos sintéticos que também possuam alegação cientificamente comprovada de benefícios à saúde (ALMEIDA et al., 2013).

Segundo a Resolução RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003, da ANVISA, fibra alimentar é qualquer material comestível que não seja hidrolisado pelas enzimas endógenas do trato digestivo humano (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA BRASIL, 2003).

Conforme publicado na ALINORM 09/32/26 2009, do CODEX ALIMENTARIUS, a fibra alimentar é definida como um polissacarídeo com 10 ou mais monômeros, que não é hidrolisado por enzimas presentes no intestino delgado de seres humanos, e deve atender aos requisitos: polissacarídeo comestível

encontrado naturalmente nos alimentos; polissacarídeo obtido de alimentos por meios físicos, enzimáticos ou químicos, que tenha seu efeito fisiológico benéfico à saúde cientificamente comprovado por autoridades competentes ou polissacarídeo sintético, também com efeito fisiológico benéfico à saúde cientificamente comprovado por autoridades competentes.

Segundo a definição publicada pela AACC (2001), fibra alimentar é a parte comestível de plantas ou carboidratos análogos que são resistentes à digestão e absorção no intestino delgado humano, com fermentação completa ou parcial no intestino grosso. As fibras alimentares incluem polissacarídeos, oligossacarídeos, lignina e substâncias vegetais associadas. A fibra alimentar promove efeitos fisiológicos benéficos como laxativos, atenuação do colesterol e glicose sanguíneos (DE VRIES, 2001). Sua ingestão regular auxilia na prevenção de doenças intestinais, como constipação, hemorroidas, hérnia hiatal, diverticulose, câncer de cólon, diminuindo o tempo de trânsito intestinal, aumentando o volume fecal; e de doenças cardiovasculares, reduzindo o nível de colesterol total e do LDL no sangue; ainda, diminui a quantidade de glicose sanguínea pós-prandial e o nível de insulina (diminui o risco de diabetes) e promove uma ação tamponante no excesso de acidez no estômago (ANIL, 2007; VITOLO et al., 2007; SIVAM et al. 2010).

Vários compostos podem fazer parte de uma fibra alimentar, sendo classificados por sua solubilidade no sistema digestivo humano. A fibra total refere-se à quantidade total de fibra alimentar (solúvel mais insolúvel) contida em um alimento. A fibra insolúvel não se solubiliza em uma solução aquosa de enzimas utilizadas para simular a digestão humana. Elas não são digeridas no intestino grosso, mas podem ser fermentadas por bactérias presentes no intestino delgado e contribuem com o aumento do volume no trato gastro-intestinal, auxiliando a eliminação das fezes (NELSON, 2001).

A celulose, hemicelulose, lignina, cutina, suberina e outros vegetais cerosos ("Waxes"), quitina, quitosana e amido resistente são exemplos de compostos considerados como fibra insolúvel. As fibras alimentares solúveis são caracterizadas por sua solubilidade em soluções aquosas de enzimas encontradas no sistema digestivo humano. Muitas fibras solúveis precipitam em uma solução composta por uma parte de solução de enzimas e quatro partes de etanol. Algumas auxiliam na redução dos níveis de colesterol sanguíneo e regulam a utilização de glicose pelo

organismo. São caracterizadas como fibras alimentares solúveis a pectina, glucana, gomas e inulina (NELSON, 2001).

A aplicação de fibras em alimentos influencia algumas propriedades funcionais como: aumento da capacidade de retenção de água, formação de gel, ação estabilizante, ação espessante, alterando a textura, consistência e as características reológicas e sensoriais. (SIVAM et al. 2010; SIMOVIĆ et al. 2010).

Muitos estudos têm sido publicados sobre a aplicação de diversos tipos de fibras em pães. Farelos de trigo, aveia, arroz e milho, fibra de maçã, fibra de beterraba, fibra de alfarroba, de casca *psyllium*, linhaça, casca de soja, casca de ervilha, casca de girassol são exemplos de fibras alimentares cuja aplicação em pães já foi estudada (ANIL, 2007).

O emprego de hidrocolóides (gomas) na industrialização de pães vem ganhando espaço como agentes melhoradores de propriedades de manipulação do pão, do seu frescor, aumentando seu prazo de validade. Sendo também caracterizados como fibras, os hidrocolóides contribuem com as propriedades nutricionais dos pães. Tecnicamente melhoram a textura, a retenção de água, retardam a retrogradação do amido, contribuindo positivamente com a qualidade do pão durante seu armazenamento (MAMAT et al., 2014).

5. Aplicação de Fibras em Pães

Várias pesquisas têm estudado a adição de diferentes tipos fibras alimentares em pães visando o estudo de sua influência nas características da massa e do pão, além de considerarem mais uma maneira de contribuir com o aumento da ingestão de fibras pelos consumidores, tendo em vista seus efeitos benéficos (auxilia o tratamento de diverticulose e síndrome do intestino irritável, prevenção de doenças coronárias, de diabetes tipo II, câncer de cólon, diminuição do colesterol, regulação da função intestinal e promoção da saúde do intestino, protege a formação de cálculos biliares) (BLIBECH et al., 2015; ALMEIDA et al., 2013; MARTIN et al., 2013).

A maioria dos estudos constatou que a fibra afeta a formação da rede de glúten, compete pela água e afeta diretamente o volume final dos pães, firmeza do miolo podendo também afetar em alguns casos o sabor e a cor (LE BLEIS et al., 2015, AHMED & THOMAS, 2015, BLIBECH et al., 2015; ALMEIDA et al., 2013; MARTIN et al., 2013; GOMEZ et al., 2003; WANG et al., 2002).

Um estudo para verificar o efeito da adição de fibra de aveia em pó, em duas granulometrias diferentes, foi conduzido em pão tipo baguetes. Os pães foram formulados com 4, 8, 12,16 e 20% de fibra de aveia sobre a farinha de trigo, nas granulometrias de 75 µm e 150 µm da fibra. As massas com 4, 8,12 e 16% da fibra de menor granulometria estava mais elástica que as massas elaboradas com a fibra de maior granulometria, e menos elástica que o controle. A fibra de maior tamanho gerou um impacto menor na firmeza do pão em comparação a de menor granulometria, no geral a presença da fibra deixou o miolo mais firme, o que vai de acordo com os resultados da análise reológica, pois a massa com a fibra de menor tamanho estava mais elástica. A adição da fibra de menor granulometria não alterou significativamente a cor do pão e ligeiramente afetou o volume. Assim, a fibra de menor tamanho mostrou-se a melhor aplicação neste estudo nas concentrações até 16% de substituição. (KUREK et al., 2016).

A substituição em 5 e 10% de farinha de trigo por fibra de bagaço de abacaxi foi testada no produção de pão. A presença da fibra aumentou a absorção de água, diminuiu a estabilidade durante a mistura, principalmente a 10%. O volume dos pães produzidos foi menor também a 10% de substituição e o miolo mostrou-se mais

escuro (com maiores de L^*) e mais firme. Aplicação de fibra de bagaço de abacaxi alterou significativamente a composição da farinha e da massa, modificando a qualidade do pão e influenciando a aceitabilidade do consumidor, sendo o pão preparado com 5% da fibra melhor aceito em comparação ao com 10%, e embora sua média de aspecto geral de aceitação tenha sido menor que o pão padrão, a diferença não foi significativa ($p < 0,05$) (CHAREONTHAIKIJ; UAN-ON; PRINYAWIWATKUL, 2016).

A aplicação de fibra de feno-grego (galactomanana extraída da semente da planta feno-grego) foi testada nas quantidades de 3, 6, 9 e 12 g de fibra por 100 g de farinha de trigo para verificar a influência sobre os parâmetros farinográficos. A presença da fibra provocou um aumento da absorção de água, do tempo de desenvolvimento das massas e do tempo de estabilidade à mistura (exceto a 9% de substituição). O teste com pães foi realizado apenas com 9% de substituição, variando-se a porcentagem de água adicionada (67, 72, 77, 82 e 87%). O pão preparado com 77 % de água teve o maior volume. O emprego da fibra afetou positivamente os valores de firmeza, mastigabilidade, coesividade e resiliência das amostras, durante os 5 dias avaliação, sendo os valores de firmeza e mastigabilidade das amostras adicionadas menores que os valores do padrão. A adição da fibra diminuiu a velocidade de envelhecimento dos pães (HUANG et al. 2016).

Goma guar parcialmente hidrolisada, uma fibra alimentar solúvel classificada como galactonamana, foi adicionada à farinha de trigo na porcentagem de 1 a 5% para a elaboração e avaliação da massa e pães nutricionalmente enriquecidos. As massas foram preparadas com adição de 55% e 65% de água, analisadas quanto ao tempo de chegada (tempo de hidratação da farinha), de desenvolvimento (tempo para a massa atingir a consistência ideal de 500 UF) e estabilidade (tempo que a massa permanece na consistência ideal) em equipamento *Microdoughlab*, tiveram maiores tempos de chegada, desenvolvimento e estabilidade em relação à massa feita apenas com farinha de trigo. O miolo das formulações com substituição foi mais macio para os pães fabricados com maior porcentagem de água, principalmente os com os menores teores de goma guar hidrolisada. A presença da goma produziu pães com volumes menores à medida que a concentração da goma aumentava e diminuía a porcentagem de água adicionada, devido à produção de uma massa com

o efeito do glúten diminuído. Na análise sensorial de aceitação os pães com mais 2% de goma foram pouco aceitos. A adição de 1,59% de goma guar hidrolisada mostrou-se melhor para fabricação de um pão com maior teor de fibra total e solúvel (MUDGIL; BARAK; KHATKAR, 2016).

O efeito de uma farinha rica em aleurona de trigo foi verificado sobre as características do pão em relação a sua composição, assamento, textura e atributos sensoriais. Os pães foram produzidos com 40 e 75% de farinha de aleurona, em relação à farinha de trigo. O pão com adição de farinha de aleurona apresentou cerca de quatro vezes mais fibra alimentar, um menor volume, um miolo mais escuro e mais duro, odor e sabor mais intensos que o pão padrão. No teste de aceitação as amostras com 40% substituição tiveram uma aceitabilidade semelhante à amostra padrão (BAGDI et. al., 2016).

Rubel et al. (2015) estudaram o enriquecimento de pão de farinha de trigo com inulina extraída da alcachofra de Jerusalém. Os pães que foram feitos com inulina continham 2,5 g e 5 g de inulina adicionados a 100 g de farinha de trigo tiveram um volume específico menor, principalmente o pão com maior teor de fibra, e uma dureza maior em relação ao pão sem inulina. A presença da fibra deixou o miolo e a crosta mais escuros que o pão padrão. A massa com 5 g de inulina caracterizou-se menos elástica e mais extensível que a padrão, por afetar a concentração de glúten na massa, afetando a formação da rede de glúten. Com o estudo a aplicação de 2,5 g mostrou-se mais promissora por afetar em menores proporções as características da massa e do pão (RUBEL et al. 2015).

Pães formulados de farinha de trigo e fibras total, solúvel e insolúvel extraídas de figueira da Índia, um tipo de cactos, foram elaborados pela substituição de farinha de trigo nas proporções: 3,6 g de fibra total, 2,18 g de fibra insolúvel e 0,36 g de fibra solúvel em relação à quantidade de farinha. Com a análise da massa e do pão verificou-se que o emprego da fibra solúvel apresentou melhores avaliações em relação ao emprego da fibra total e da fibra insolúvel. Resultou em uma massa com comportamento menos visco-elástico e grânulos de amidos distribuídos homogeneamente, o miolo do pão obtido desta massa estava mais macio e com melhor valor de mastigabilidade, pela análise de textura; mostrou a menor velocidade de endurecimento, maior volume específico e foi bem aceito na avaliação sensorial (Guevara-Arauza et al. 2015).

A adição de farelo de trigo em formulações de pão francês foi estudada para determinar seu efeito durante as etapas de mistura e fermentação, no comportamento reológico da massa, na textura do pão. Foram testadas formulações adicionadas de farelo fino e farelo grosso, em 5 e 10% em relação ao peso da farinha de trigo. Foram feitos testes com cada farelo separadamente, em combinação com 4% de glúten vital e com os dois farelos juntos. A adição dos farelos, em formulações sem glúten vital, gerou uma significativa diminuição da energia mecânica durante a mistura, aumentou a viscosidade elongacional da massa e significativamente o índice de viscosidade da massa, principalmente a formulação com farelo grosso. Fatos que implicaram em uma menor porosidade da massa fermentada, um miolo mais firme e um pão mais denso (LE BLEIS et al., 2015).

Em sua pesquisa sobre adição de diferentes extrações e suas misturas de farinha de uma espécie de feijão preto (*Phaseolus mungo L.*) em pão, Indrani et al. 2015, verificaram o aumento da absorção de água, diminuição da estabilidade da massa, análise de farinografia. Aumento da temperatura de pasta e diminuição do pico de viscosidade (amilografia). O pão apresentou um menor volume e miolo mais firme. Após análise sensorial foram aceitos os pães com 10 e 15% de substituição para as frações proteica, fração mistura de extrações e fração proteica+ fibra; e os pães com 10% da fração rica em fibras. Nas formulações adicionadas de melhoradores (α -amilase, glúten em pó, esteroil-lactato de sódio) a qualidade dos pães foi melhorada (INDRANI et al., 2015).

Ao estudarem a adição de duas frações de diferentes pontos de extração (externo e outro mais interno) de farinha do grão de cevada sem casca, Blandino et al. (2015) determinaram o efeito das alterações no comportamento reológico da massa e nas características do pão. A farinha da fração mais externa era caracterizada por uma maior porcentagem de fibras (principalmente a insolúvel) e de proteínas em relação à farinha da fração mais interna. A massa obtida com a farinha da fração mais externa mostrou maiores valores de absorção de água, menor estabilidade (exceto para adições de 20 e 25%) e ligeiramente menos elástica que o controle, enquanto a massa elaborada com a farinha de cevada da fração mais interna não apresentou aumento relevante de absorção de água, de estabilidade, mas apresentou-se mais elástica. Nos pães produzidos observou-se um menor

volume, principalmente para os elaborados com a farinha de fração mais externa, que também geram miolos mais duros. A adição de farinha de cevada da fração mais interna mostrou-se mais vantajosa, por apresentar poucas alterações físicas e reológicas em relação ao pão padrão (BLANDINO et al., 2015).

O emprego de diferentes quantidades e tipos de farinha de mandioca e adição de fibra solúvel de *psyllium* foi avaliado na elaboração de pães. Foram testadas as seguintes substituições por 100 g de farinha de trigo: de 50 a 90 g de farinha de mandioca (brasileira); de 10 a 50 g de Mogo (farinha de mandioca nigeriana), 30g de farinha de mandioca Lafu (farinha de mandioca de Gana), 30 g de polvilho doce (brasileiro) e 30 g de polvilho azedo (brasileiro). A fibra de *psyllium* foi empregada a 7 g em formulações sem farinha de mandioca ou polvilho e em testes com 63 g de farinha de trigo mais 30 g de farinha de mandioca ou 30 g de Mogo. Verificaram-se pães com volume específico menor como consequência de substituição acima de 30%. Os pães adicionados de farinha de mandioca e fibra de *psyllium* apresentaram um miolo mais duro e fechado. (JENSEN et al. 2015).

A farinha de algaroba (*Prosopis spp*) foi misturada à farinha de trigo nas proporções de 0, 15, 25, 35% em relação à farinha de trigo, com o objetivo de verificar a sua influência sobre fermentação da massa e qualidade do pão (nutrientes, volume específico, cor do miolo e da crosta, umidade do miolo, textura do miolo e envelhecimento). As massas com farinha de algaroba fermentaram em maiores tempos, nesta etapa as massas mostram menor crescimento, gerando pães com volumes específicos menores que o padrão, alvéolos pequenos e miolo mais compacto, de maior dureza e menor coesividade e resiliência, principalmente a 35% de substituição. Resultados explicados pela diluição do teor de glúten devido às substituições, pois introduz ao sistema novos componentes como fibra alimentar, presente em concentrações consideráveis na farinha de algaroba, cerca de 26,77%, implicando em pães com até 9% de fibras. Nos pães com farinha de algaroba foi observada certa inibição na retrogradação do amido (BIGNE; PUPPO; FERRERO, 2015).

As características reológicas (farinografia, reometria e textura) da massa e a qualidade do pão (volume específico, textura do miolo, teor de proteína e umidade) adicionado de farinha de gérmen da semente de alfarroba e da polpa (10 a 30% em relação da farinha de trigo) foram avaliadas. As massas com farinha de gérmen,

principalmente a com 30%, apresentaram valores altos para absorção de água, tempo de desenvolvimento e estabilidade. Os pães com farinha de gérmen eram mais amarelados que o padrão, com 75% a mais de proteína, os valores de firmeza e coesividade do miolo foram elevados. O volume dos pães com alfarroba foi menor e os resultados de firmeza e mastigabilidade do miolo foram menores em comparação ao pão padrão. A dureza, adesividade e elasticidade das massas foram maiores nas formulações adicionadas de farinhas de alfarroba (SALINAS et al., 2015).

Ahmed; Thomas (2015a) avaliaram as características reológicas da massa adicionada de β -glucana concentrada, nas porcentagens de 0, 2,5; 5; 7,5 e 10% em relação a farinha de trigo, para determinação de informações sobre o comportamento reológico biaxial e uniaxial da massa, visando posterior comparação com informações. As misturas apresentaram significativo aumento da absorção de água, diminuição da extensibilidade da massa, o aumento do teor de fibra e da quantidade de água reduziu o nível máximo de pressão e o pico de altura na massa inflada, durante a análise reológica biaxial extensional realizada segundo o método de Dobraszczyk-Roberts (D/R) (AHMED; THOMAS, 2015a).

Em outro trabalho Ahmed; Thomas (2015b) também apresentaram os efeitos da adição de β -glucana concentrada e água, nas porcentagens de 2,5 a 10 g da fibra por 100 g de farinha de trigo e 58 a 70 mL de água/ 100g de farinha. Neste trabalho além dos resultados sobre extensibilidade, verificaram que um aumento no tempo de mistura, aumento na estabilidade, para as adições até 5% de β -glucana concentrada. Com o aumento do teor de água ocorreu a diminuição da força mecânica, adesividade da massa, entretanto, estes parâmetros tiveram seus valores aumentados com o aumento da porcentagem de fibra. Nos testes de *Creep-recovery* as massas apresentaram menor resistência à deformação, na proporção de 5% de fibra, com o aumento do teor de água. O conteúdo de água também influenciou significativamente o pico de desnaturação de proteínas, determinado na análise de escaneamento térmico. A massa produzida com 5% de β -glucana concentrada foi apontada por formar uma massa com excelente maquinabilidade e aceitabilidade pelo consumidor (AHMED & THOMAS, 2015b).

Goma locusta possui uma ampla gama de aplicação na produção de alimentos, por ser pouco afetada pelo pH, sais ou aquecimento. Seu emprego em

produtos de panificação além de aumentar o rendimento, também contribui com a textura final dos produtos e aumenta a viscosidade da massa. Em pães congelados melhora a retenção da água na massa congelada, diminuindo sua migração no congelamento (BLIBECH et al., 2015).

Considerando os benefícios do emprego desta goma em panificação foram estudados o comportamento reológico e as propriedades termomecânicas de farinhas de trigo de baixa qualidade para pães adicionada (2%) de goma de alfarroba (extraída e purificada) e de goma locusta comercial. Com o estudo verificou-se que o emprego da goma tanto purificada quanto comercial influenciou positivamente a massa. A goma purificada melhorou a força da massa, a relação entre a tenacidade e extensibilidade (P/L) da adicionada em 2% e o volume do pão, enquanto a goma comercial propiciou uma melhora nos parâmetros estudados no equipamento Mixolab, empregado para obtenção de características reológicas da massa no processo de mistura e variação de temperatura, ao determinar o torque (expresso em Nm) produzido pela passagem da massa durante a mistura, fornecendo os parâmetros: capacidade de hidratação, tempo de desenvolvimento, estabilidade, enfraquecimento da proteína, atividade enzimática, gelatinização e retrogradação do amido, levando a um aumento da estabilidade na mistura, e diminuição da velocidade de retrogradação do amido. Sendo assim, a goma purificada serviria de melhorador na produção de pão devido à influência nas características reológicas da massa e ao efeito causado na maciez do miolo (BLIBECH et al., 2015).

O farelo é um ingrediente importante na fabricação de pães integrais, pois afeta química e fisicamente a rede de glúten e diminui a capacidade de retenção de gás da massa, afetando negativamente o volume do pão. Com o estudo de diferentes farinhas de trigo integrais para a fabricação de pães, Cai et al. (2014) verificaram que as farinhas integrais que continham maiores teores de fibras insolúveis apresentaram maior absorção de água e maior tempo de mistura quando comparados a farinha de trigo. O volume dos pães com farinha de trigo integral foi menor para os pães feitos com farinhas com alto teor de fibras alimentares insolúveis. (CAI et al., 2014).

Mamat et al. (2014) ao estudarem a aplicação de hidrocolóides extraídos de alga marinha em pão, avaliaram seu efeito sobre as propriedades reológicas da

massa e a qualidade do pão obtido. Verificaram o aumento significativo da absorção de água das formulações adicionadas de goma, do tempo de desenvolvimento e do tempo de estabilidade da massa no estudo de farinografia. A adição afetou a cor, o valor L^* (luminosidade) foi menor (miolo escureceu) e o valor b^* aumentou (cor tendendo ao amarelo). Também diminuiu o volume dos pães.

Para melhorar nutricionalmente o pão Sanz-Penella et al. (2013) empregaram farinha integral de amaranto. A farinha de amaranto é caracterizada por alto teor proteico, mineral (cálcio e magnésio), lipídico e de fibra alimentar. Além de avaliarem o teor de fitatos e a composição centesimal do pão preparado com 0, 10, 20, 30, 40 g de farinha de amaranto por 100 g de farinha de trigo verificaram um volume específico dos pães diminuía com o aumento da substituição. O miolo apresentou-se mais duro na amostra com 40 g de farinha de amaranto/100 g de farinha de trigo. A farinha integral de amaranto afetou a cor do miolo e a cor da crosta do pão, sendo a luminosidade das amostras alteradas significativamente menor que a do controle. Assim, concluíram que a farinha de amaranto aumentou o valor nutricional (fibra alimentar, teor proteico e mineral) dos pães, sendo as concentrações de 10 e 20 g de farinha de amaranto as que menos afetaram as características do pão e as que o consumidor provavelmente compraria devido às alegações de saudabilidade. (SANZ-PENELLA et al., 2013)

Almeida et al. (2013) realizaram a adição de três tipos de fibras alimentares (farelo de trigo, amido resistente e goma locusta - LBG) em pão com o objetivo de estudar a influência destas fibras em parâmetros do processamento de pães e nas características de qualidade do pão de forma. Verificou-se que as fibras podem ser empregadas na fabricação de pães, isoladas ou combinadas, para obtenção do conteúdo desejável de fibra alimentar e da manutenção do frescor durante a validade, ou manipular os parâmetros de processo, como tempo de mistura. O farelo de trigo, quando comparado ao padrão, reduziu o volume específico, e a luminosidade do miolo, aumentou o tempo de mistura em alta velocidade, o croma do miolo e o seu teor de umidade. A LBG também diminuiu a luminosidade do miolo e aumentou a sua umidade, entretanto reduziu o tempo de mistura quando em alta velocidade. O amido resistente aumentou o tempo de mistura em alta velocidade, mas foi a fibra que menos interferiu nas características de qualidade do pão. As fibras estudadas afetaram a aceitação da cor do miolo, aparência do miolo e textura,

bem como a intenção de compra. Como os consumidores esperam ver as partículas de farelo, o pão com farelo de trigo obteve bons resultados na análise sensorial para cor e aparência do miolo. Os pães com alta quantidade de farelo de trigo, LBG e amido resistente tiveram altas porcentagens positivas de compra. A sensorial de aceitação, para cor, aparência, aroma e sabor da crosta, não foi afetada pela adição das fibras dentro das quantidades estudadas (ALMEIDA et al., 2013).

A influência da composição de diferentes fibras de farinha de cevada e de farinha de aveia sobre a estrutura da massa e a qualidade do pão e o estudo do potencial da esponja para melhorar a qualidade destes pães foram os objetivos do trabalho de pesquisa de Rieder et al. (2012). Verificou-se que a fase esponja melhorou a estrutura da massa (resistência máxima a extensão - $R_{m\acute{a}x.}$) e a qualidade do pão (volume e forma) daqueles que continham grão integral de cevada, mas apresentou pequeno efeito sobre os pães elaborados com farinha de cevada refinada ou farelo de aveia. O efeito positivo da esponja sobre o pão de grão integral de cevada pode ser relacionado ao efeito de amolecimento sobre as partículas do farelo durante a fermentação, o que resultou no menor rompimento mecânico da rede de glúten e das células de gás da massa. Os pães preparados com farelo de aveia resultaram no pão de maior volume, miolo e teor de β -glucana, e menor firmeza (RIEDER et al., 2012).

O emprego de pectina no preparo de pão foi estudado por Correa et al. (2012) com o objetivo de verificar sua influência na reologia da massa e na qualidade do pão. Ao testarem pectinas comerciais padronizadas, com diferentes graus de esterificação, constataram que a absorção de água aumentou com a presença da pectina na massa com sal, enquanto o mesmo efeito não foi verificado nas massas preparadas sem sal. A pectina de alto grau de metoxilação gerou massas mais moles, coesas e viscosas do que as amostras controle e do que as amostras com pectina de baixo grau de metoxilação. A matriz de glúten formada apresentou-se diferente e mais porosa. As massas com essa pectina eram mais estáveis e capazes de suportar maior expansão da massa durante a fermentação, resultando em pães de maior volume, sendo o miolo mais macio, mais coeso e flexível, e com uma diferente estrutura de alvéolo. As pectinas apresentaram um efeito protetor em relação ao envelhecimento do pão, principalmente a de alta metoxilação. As diferentes influências das pectinas de alta e baixa metoxilação podem ser atribuídas

a interações específicas de cada pectina com a rede de glúten, na produção dos pães. A pectina de alta metoxilação estabeleceu mais interações hidrofóbicas devido a maior proporção de grupos metoxil (CORREA et al., 2012).

Skendi et al. (2010) pesquisaram o efeito do emprego de farinha de trigo adicionada de dois tipos de β -glucana de cevada com pesos moleculares diferentes sobre as características reológicas da massa e sobre a qualidade do pão. Duas farinhas de trigo com qualidades diferentes para a fabricação de pão foram enriquecidas com β -glucanas de pesos moleculares diferentes. O aumento da absorção de água das massas foi observado com o aumento da quantidade da fibra. A preparação com alto peso molecular apresentou o maior impacto do que a de baixo peso molecular, provavelmente devido a sua maior capacidade de se ligar a água. Geralmente, os pães com β -glucana tiveram menor perda de umidade durante a estocagem do que os controles. A redução da perda de umidade foi evidente com o aumento da concentração de β -glucana. A preparação com β -glucana de baixo peso molecular foi mais efetiva para aumentar a estabilidade das massas e melhorar o tempo de desenvolvimento, do que a de alto peso molecular. A adição de β -glucana aumentou os valores de resistência à deformação constante após 50 mm de estiramento e de extensibilidade da massa feita com farinha mais fraca, fortalecendo a rede de glúten e aumentando a capacidade de retenção de gás da massa. O aumento da quantidade de β -glucana também aumentou o número de células de gás, mas gerou uma estrutura de miolo grosseira e escura com menos células arredondas (SKENDI et al., 2010).

Em estudo sobre a aceitação de pães enriquecidos com β -glucana constataram que as amostras adicionadas de 1,5 g β -glucana/porção tiveram altura e volume menores, um aumento da firmeza e o pão ficou mais escuro e avermelhado. Quando os consumidores foram informados dos benefícios à saúde as amostras com 1,5 g β -glucana/porção tiveram avaliação parecida ou excedia a avaliação do controle quanto à aceitação e à intenção de compra. As mulheres foram mais influenciadas pelas informações sobre saudabilidade do que os homens na análise de aceitação das amostras (MORIARTEY et al., 2010).

O efeito de diferentes frações de fibras, extraídas do interior e de camadas mais externas do grão de trigo, sobre as propriedades reológicas da massa, visando o entendimento de como elas afetam o desenvolvimento da massa, foi estudado por

Bonnand-Ducasse et al. (2010). Neste estudo frações da fibra do trigo foram extraídas do endosperma, aleurona e farelo, e caracterizadas quanto sua hidratação e quantidade de arabinoxilanas. A adição da fibra à farinha modificou o comportamento da massa durante a mistura. Para todos os tipos de fibras insolúveis testadas o tempo de desenvolvimento da massa diminuiu com o aumento da quantidade de água retida pelas fibras. A adição de arabinoxilanas insolúveis aumentou o módulo viscoelástico.

A adição de arabinoxilanas solúvel e insolúvel na massa não alterou o comportamento de fluxo da massa no cisalhamento, caracterizado por um platô Newtoniano em taxas de cisalhamento baixas, seguidas por um comportamento pseudoplástico em altas taxas de cisalhamento. A adição de arabinoxilanas solúveis modificou o valor de viscosidade Newtoniana e taxa de cisalhamento crítica. A adição de arabinoxilana insolúvel aumentou a consistência da massa (BONNAND-DUCASSE et al., 2010).

Peressini, Sensidoni (2009) avaliaram a influência da inulina nas propriedades reológicas da massa de pão e na qualidade do pão assado. As propriedades reológicas da massa foram avaliadas por análise de farinografia e reologia dinâmica. Na farinha adicionada com diferentes quantidades de inulina (de 2,5 a 7,5%) foram afetados: maquinabilidade, viscoelasticidade da massa e processamento do pão. A adição de inulina à farinha fraca e à farinha moderadamente forte resultou em um efeito fortificante rede de glúten (PERESSINI; SENSIDONI, 2009).

Em seu estudo sobre a aplicação de testa de avelã em pão, Anil (2007) verificou através de análises farinográficas e extensográficas que a absorção de água, tempo de desenvolvimento, estabilidade, tempo de saída, energia, resistência à extensão, e resistência máxima aumentaram com o aumento da quantidade da fibra de avelã. Já a maciez, o índice de tolerância à mistura e a extensibilidade diminuíram com a adição de 5% e 10% de fibra de avelã. O volume específico dos pães com a fibra foi semelhante ao do controle, sendo o volume do pão controle de melhor qualidade. Os pães com 10% de fibra de avelã fina tiveram o menor volume e miolo mais escuro do que os pães com 5% de fibra fina hidratada. Os pães com 5% foram os preferidos em relação a aroma e a sabor em relação aos pães com 10% de fibra (ANIL, 2007).

Rosell et al. (2006) verificaram o emprego de diferentes fibras e sua combinação sobre as propriedades da massa de pão na etapa de mistura. Com o estudo notou-se que a adição das fibras apresentou um menor efeito sobre alguns parâmetros de mistura como tempo de saída, índice de tolerância à mistura e parâmetros altamente dependentes das características da proteína do trigo. Os parâmetros de mistura foram dependentes da presença e natureza da fibra, principalmente a absorção de água, tempo de chegada, tempo de desenvolvimento, estabilidade e maciez da massa após 8 minutos e 20 minutos (ROSELL et al., 2006).

As propriedades de mistura e assamento da massa e envelhecimento do pão foram avaliadas após a adição de fibras solúveis e insolúveis obtidas do cotilédone de leguminosas (ervilha, grão de bico e lentilha). As massas com fibra insolúvel tiveram maiores tempos de mistura e absorção de água, também apresentaram a cor do miolo mais atrativa. O tempo de mistura das massas com fibra solúvel foi semelhante ao da massa controle. O volume dos pães com fibra foi menor que o do controle. A adição de 5% de fibra insolúvel ou 3% de fibra solúvel pode ser empregada com sucesso, para o aumento do teor de fibras do pão e melhora de sua umidade, pois não aumentará a firmeza do pão durante o armazenamento. (DALGETTY; BAIK, 2006).

O emprego dos hidrocolóides: hidroxipropilmetilcelulose (HPMC), alginato de sódio, κ -carragena e goma xantana foi testado a 0,1 e 0,5% em relação à farinha de trigo para avaliar a reologia massa e qualidade de pães. Com a análise de farinografia constatou-se um aumento da absorção de água em todos os testes em relação ao padrão, as massas com 0,1% dos hidrocolóides e 0,5% de alginato apresentaram um tempo de desenvolvimento maior em comparação ao padrão. Com exceção da adição em 0,5% de goma xantana, HPMC e alginato, o tempo de estabilidade da massa das demais formulações foi menor em relação ao padrão. Os valores da taxa de configuração da curva (relação tenacidade e extensibilidade) foram maiores para todas as adições. O índice de volume específico dos pães alterados foi maior em todos os casos, destacando-se o emprego da goma xantana e HPMC. A dureza do miolo foi maior para adição de goma xantana em relação ao padrão e menor para HPMC, fato que pode ser explicado pela sua alta capacidade de retenção de água e a possibilidade de interferir na retrogradação da amilopectina, pois HPMC interage com amido influenciando as interações entre o glúten e o

amido. Com o estudo concluiu-se que a aplicação da HPMC mostrou-se mais promissora, devido sua influência na qualidade do pão fresco e sua ação antienvelhecimento no pão (GUARDA et al., 2004).

A influência das fibras de laranja, de ervilha, cacau, café, trigo e celulose microcristalina sobre a reologia da massa de pão foi determinada com testes em consistógrafo e alveógrafo, avaliação da textura do miolo, cor da crosta e miolo, volume e peso dos pães. Da análise em consistógrafo foi observado um aumento da absorção de água, do tempo de desenvolvimento, da tolerância (tempo que a curva fica estável a 20% abaixo da pressão máxima) e a estabilidade da massa com fibra, verificando-se maior absorção de água, maior tempo de mistura e maior tolerância à mistura que a massa sem fibra. A influência sobre as características alveográficas foi avaliada pela determinação da tenacidade (P), extensibilidade (L), energia de deformação (W). A adição de fibras aumentou a tenacidade, diminuiu a extensibilidade das massas e por consequência as relações P/L também foram maiores e todas as fibras testadas geraram um aumento moderado na energia de deformação das massas. Os pães adicionados de fibra apresentaram uma validade maior, quanto ao endurecimento. A adição de 5% de fibras não teve efeito negativo no pão, segundo análise sensorial. (GÓMEZ et al., 2003)

6. Reologia

Reologia é a ciência que estuda a deformação e o escoamento da matéria (MIRSAEEDGHAZI et al., 2008; DOBRASZCZYK; MORGENSTERN, 2003; HOSENEY 1994). É o estudo da resposta dos materiais à aplicação de um estresse ou tensão.

6.1 Estudo das propriedades da farinha de trigo

Os alimentos apresentam propriedades reológicas que podem ser determinadas por reômetros. As propriedades viscoelásticas da massa de pão podem ser medidas com um farinógrafo, penetrômetro, consistômetro, amilógrafo, mixógrafo, extensógrafo e alveógrafo (MIRSAEEDGHAZI et. al., 2008, DOBRASZCZYK, MORGENSTERN, 2003) caracterizadas como análises reológicas descritivas, muito empregadas nas indústrias em situações práticas para obtenção de informações úteis para avaliar a performance da massa durante o processamento e controle de qualidade (DOBRASZCZYK, MORGENSTERN, 2003).

A massa de pão é definida como um material viscoelástico (HOSENEY, 1994; LEWIS, 1993) e pseudoplástico, que combina o comportamento de um sólido *Hookeano* e com um líquido viscoso não-Newtoniano (MIRSAEEDGHAZI et. al, 2008; AQUINO, 2012), podendo ser classificada como um material viscoelástico não linear (D'APPOLONIA; KUNERTH, 1994).

A análise de farinografia gera um gráfico, denominado farinograma utilizado para caracterizar propriedades de misturas inerentes das farinhas de trigo, representando a resistência da massa ao processo de mistura, fornecendo informações sobre a absorção de água da farinha (quantidade de água para massa atingir a consistência ideal), tempo de desenvolvimento (tempo, em minutos, para curva atingir o ponto máximo após a adição de água) e quebra da massa, estabilidade (intervalo de tempo em que o topo da banda do gráfico fica acima das 500 UF) e índice de tolerância à mistura (quanto maior seu valor menor é a

tolerância da farinha à mistura) através do processo de mistura prolongado até atingir a máxima consistência ou consistência ideal, 500 UF, e depois ser misturada além da consistência ideal (quebra da massa) (PIZZINATO et al., 1996; D'APPOLONIA; KUNERTH, 1984), informações empregadas para verificar as propriedades de mistura e indicar o desempenho da farinha em panificação (CAUVAIN, YOUNG, 2009).

A extensibilidade e tenacidade da massa podem ser avaliadas pela análise de extensografia (Teste de tensão uniaxial) (DOBRASZCZYK, MORGENSTERN, 2003), a partir de massa previamente preparada em um farinógrafo (CARVALHO, 2001; LEWIS, 1993), sendo muito utilizada para avaliar a qualidade da farinha e o efeito da adição de aditivos na massa de pão (HOSENEY, 1994). O gráfico gerado, o extensograma, representa uma curva de resistência x extensão (DOBRASZCZYK, MORGENSTERN, 2003; HOSENEY, 1994), sendo a resistência máxima (R_m), resistência a extensão de 5 cm (R) e o comprimento total da extensão em centímetros (E) exemplos de parâmetros obtidos (HOSENEY, 1994). Massas com valores de extensibilidade (E) e resistência (R) elevados fornecem melhor salto de forno (DOBRASZCZYK, MORGENSTERN, 2003). A altura do extensograma e sua área são indicativos da força da farinha (HOSENEY, 1994).

A análise de alveografia avalia o comportamento reológico da massa, quando submetida a uma deformação extensional (STEFFE, 1996). A amostra é inflada e a pressão na bolha formada é medida até que a bolha estoure, sendo a bolha expandida em duas direções (extensão biaxial) (CAUVAIN; YOUNG, 2009; FARADI; RASPER, 1987). O alveograma registra a extensão, sob pressão do volume de ar até a quebra da massa, sendo os parâmetros tenacidade (P), extensibilidade (L), relação P/L e trabalho (energia) de deformação ou força (W) avaliados ao final da análise (CARVALHO, 2001). O estiramento biaxial tem como vantagem representar o mesmo tipo de expansão que ocorre na fermentação da massa (HOSENEY, 1994) e no assamento do pão. Uma desvantagem desta análise é não considerar a capacidade de absorção de água da farinha, sendo a quantidade de água adicionada no teste para a formação da massa, fixada segundo à umidade da farinha de trigo (PIZZINATO et al., 1996). As informações desta análise também contribuem para a caracterização da qualidade da farinha para aplicação em produtos de panificação.

6.2 Textura

Segundo SZCZESNIAK (2002) textura pode ser definida como uma manifestação sensorial e funcional da propriedade estrutural, mecânica e de superfície de alimentos percebidas pelos sentidos da visão, tato, audição e cinestesia.

Considerando a complexidade de um alimento suas propriedades de textura seriam definidas por um grupo de características físicas provenientes de seus elementos estruturais, que são sentidas primeiramente pelo toque, estão relacionadas à deformação, desintegração e movimento do alimento submetido a uma força, e podem ser determinadas em função da massa, do tempo e da distância (BOURNE, 2002).

A textura do alimento está relacionada à percepção que o alimento gera ao ser mastigado e deglutido, tais características são relacionadas ao seu comportamento reológico e influenciarão o consumidor (STEFFE, 1996).

Propriedades como fracturabilidade, firmeza, elasticidade, adesividade, espalhabilidade, mastigabilidade, elasticidade, coesividade e resiliência podem ser determinadas em Análise de Perfil de Textura para caracterizarem a textura de um alimento (BOURNE, 2002; SZCZESNIAK, 2002).

6.2.1 Análise de compressão e extrusão (*Back extrusion*)

O método de compressão-extrusão ou *Back Extrusion* tem sido empregado para avaliar propriedades de um fluído, principalmente de produtos pastosos e com partículas em suspensão (GUJRAL; SODHI, 2002). Uma probe cilíndrica penetra a amostra, comprimindo-a até que sua estrutura é rompida, provocando seu escoamento (extrusão) entre a parede do recipiente que a contém e a probe. As informações obtidas são registradas em um gráfico que correlaciona a força e a distância percorrida pela probe. Este teste é realizado em líquidos viscosos, géis,

gorduras, e em frutas e vegetais frescos ou processados (STEFFE, 1996; BOURNE, 2002).

Com a análise de *Back Extrusion* são determinados firmeza, consistência, coesividade, índice de viscosidade e tensão inicial da amostra. Por ser uma análise simples, rápida e de baixo custo pode auxiliar em controles na produção e desenvolvimento de alimentos, sendo interessante sua aplicação em produtos com partículas e fibras em suspensão, para avaliação da tensão residual (*yield stress*) ou em massas, que necessitam de tensão inicial para fluírem, visando à caracterização reológica (OSORIO; STEFFE, 1991).

Com os parâmetros firmeza, coeficiente de consistência, coesividade, índice de viscosidade e tensão inicial da amostra determinados com a análise de compressão-extrusão é possível classificar o comportamento reológico do alimento muitas vezes como não dependente do tempo que se enquadram no Modelo de *Herschel-Bulkley*, ilustrado na Equação 1 (OSORIO; STEFFE, 1991; GUJRAL; SODHI, 2002).

$$\sigma = \sigma_0 + K(\dot{\gamma})^\eta \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

σ : tensão de cisalhamento;

σ_0 : tensão inicial de cisalhamento;

K: coeficiente de consistência;

$\dot{\gamma}$: taxa de cisalhamento;

η : índice de viscosidade.

A Figura 1 ilustra um gráfico típico de uma análise de compressão-extrusão, do qual são extraídos: tensão inicial de cisalhamento (*break point*), firmeza (pico positivo de força do primeiro ciclo), coeficiente de consistência (área positiva do primeiro ciclo), coesividade (pico negativo do segundo ciclo) e índice de viscosidade (área negativa do segundo ciclo).

Figura 1 – Gráfico obtido da análise de compressão-extrusão para massa de pão não fermentada

6.2.2 Análise de Textura do Miolo do Pão

O miolo do pão possui um comportamento mecânico complexo, influenciado por sua estrutura aerada, que tem sido definido como um comportamento viscoelástico não linear, e a faixa de tensão que ele pode apresentar um comportamento viscoelástico linear é reduzida ou talvez fracamente definida. A dificuldade em caracterizar seu comportamento é atribuída a sua estrutura aerada e falta de homogeneidade na distribuição dos alvéolos (SCANLON & ZGHAL, 2001).

A qualidade e o frescor do pão são avaliados pela firmeza do miolo, analisada pela força requerida para comprimi-lo em uma distância pré-determinada (ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS, 1999b). Testes de compressão medem a firmeza e a resiliência ou recuperação do miolo, tais testes simulam a avaliação de sua maciez ao ser comprimido pelos dedos. A análise de Perfil de Textura tem sido

empregada na avaliação do miolo, sendo uma técnica objetiva que realiza duas compressões sucessivas da amostra, para obtenção de parâmetros mecânicos observados em uma curva Força x Deformação (CAUVAN & YOUNG, 2009; SZCZESNIAK, 2002).

Com determinação do perfil de textura avalia-se firmeza (pico de força da primeira compressão, N), coesividade (relação entre a áreas positivas das segunda e primeira compressão, adimensional), adesividade (área negativa da primeira compressão, N.s), elasticidade (distância determinada entre o final da primeira compressão e início da segunda, mm) de uma amostra (BOURNE, 2002).

7. Objetivo Geral

A proposta deste estudo é avaliar as propriedades reológicas da massa de Pão francês adicionada de fibra alimentar e as características sensoriais do pão obtido da melhor formulação.

7.1 Objetivos específicos do projeto

- testar formulações de pão francês com adição de fibra alimentar;
- determinar características reológicas da farinha de trigo, farinha de trigo adicionada de 3% e 5% de fibra solúvel e da farinha de trigo adicionada de 3% e 5% de fibra insolúvel, através de análises de farinografia, extensografia e alveografia;
- analisar a textura da massa pós-mistura, pós-fermentação e pós-assamento (miolo);
- analisar o volume final do pão;
- comparar a cor do miolo da amostra padrão com as amostras adicionadas de fibra;
- determinar, por meio de análise sensorial, a aceitação do pão francês das formulações com os melhores resultados reológicos, de textura e cor.

8. Justificativa

Considerando os benefícios à saúde provenientes da ingestão regular de fibra alimentar e a importância e frequência de consumo do pão francês para os brasileiros, bem como, a não existência no mercado, deste pão adicionado de fibras e com as características do pão francês tradicional, identificou-se a necessidade de realizar um estudo sobre a adição de fibra alimentar em pão francês.

Sendo o pão francês completamente dependente da qualidade da farinha de trigo para que a massa atinja o seu ponto ideal de desenvolvimento, retenção de gás e ganho de volume, um estudo sobre a influência de uma fibra alimentar solúvel (goma tara) e uma fibra alimentar insolúvel (de bambu) sobre as características reológicas da massa, textura e cor do miolo e sobre as características sensoriais do pão assado se faz necessário.

9. Material e Métodos

9.1 Ingredientes para a preparação das amostras

Para a realização dos ensaios foram empregados como ingredientes:

- Farinha de trigo 101 Premium, fornecida por Moinho Santa Clara (São Caetano do Sul/SP, Brasil);
- Fibra Solúvel: Goma tara – Tara Gum Powder HV (Exandal Corp.), fornecido por Globalfood (São Paulo/SP, Brasil);
- Fibra Insolúvel de bambu: QUALICEL 90 (CFF GMBH & Co), fornecida por Clariant S. A. (São Paulo/SP, Brasil);
- Sal refinado iodado (Cloreto de Sódio), Sal Lebre, Norte Salineira S.A. Ind. e Com. (Areia Branca/RN, Brasil);
- Fermento Biológico seco instantâneo, Fleischmann, AB BRASIL IND. E COM. DE ALIMENTOS LTDA. (Pederneiras/SP, Brasil);
- Açúcar refinado (Sacarose), Caravelas, Usina Colombo S/A (Ariranha/SP, Brasil);
- Gordura vegetal, Mesa, S. A. Fábrica de Produtos Alimentícios Vigor (São Caetano do Sul/SP, Brasil);
- Melhorador PREMIUM (Amido de milho, esteroil lactilato de sódio, polisorbato 80, azodicarbonamida, ácido ascórbico e alfa-amilase), Fleischmann, AB BRASIL IND. E COM. DE ALIMENTOS LTDA. (Pederneiras/SP, Brasil).

9.2 Determinação de umidade

A porcentagem de umidade das amostras foi realizada pesando-se cerca de 4g de cada amostra e efetuando-se a leitura em medidor de umidade por infravermelho (modelo IV 2500 - GEHAKA, Brasil). Condições de medição de

umidade para farinha branca, 130°C por 5 minutos. As leituras foram feitas em triplicatas.

9.3 Farinografia

O banho termostático (modelo T151E, Brabender GMBH, Duisburgo, Alemanha) acoplado ao farinógrafo (*Farinograph E* - Brabender GMBH, Duisburgo, Alemanha) foi ajustado para $30 \pm 0,2^\circ\text{C}$. Após a estabilização da temperatura, pesou-se a quantidade das amostras conforme a umidade de cada uma. Esta foi transferida para o vaso misturador. Enquanto, a farinha era homogeneizada por 1 minuto, em velocidade de 63 RPM, a bureta foi enchida. Em seguida, água foi adicionada no volume de absorção esperado, em 25 segundos no máximo, pela abertura lateral direita do misturador. Quando a massa começou a se formar, as laterais do misturador foram raspadas com espátula de plástico, começando pela lateral direita, seguindo-se sentido anti-horário. O misturador foi tampado para evitar evaporação. Após a adição da água o aparelho ficou em funcionamento por 20 minutos para elaboração do farinograma.

O primeiro farinograma foi empregado para corrigir a absorção de água para que na titulação seguinte se obtivesse uma curva centrada na linha de 500 ± 20 UF. Para correção da absorção foi considerado que cada 20 UF de diferença correspondem a 0,6 a 0,8% de água, a ser adicionada ou subtraída dependendo valor máximo obtido da consistência da massa.

A análise de farinografia foi realizada, em triplicata, conforme metodologia 54-21.02 da (2011) da *American Association Of Cereal Chemists* (AACC) International, para verificação da absorção de água (%) para atingir a consistência de 500 ± 20 UF, tempo de desenvolvimento (min), estabilidade (min) e índice de tolerância à mistura (UF), no farinógrafo (AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS, 2011).

Figura 2 - Farinógrafo (Farinograph E - Brabender GMBH)

9.4 Extensografia

Realizou-se a análise de extensografia, conforme método 54-10.01 AACC *International*, em extensógrafo (*Extensograph E* - Brabender GMBH, Duisburgo, Alemanha) (AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS, 1999a), para avaliar a resistência à extensão, em velocidade constante, das amostras através da verificação dos valores de resistência a extensão (R-UB), resistência máxima (Rm-UB), extensibilidade (E-mm), número proporcional (D) e energia (A-cm²).

As amostras foram pesadas considerando suas umidades e depois transferidas para o misturador do farinógrafo. O sal pesado foi dissolvido em parte da água, referente à absorção da farinha (estabelecida anteriormente na análise de farinografia). Com o misturador em movimento (velocidade constante) adicionou-se a solução salina, e depois a água restante referente à porcentagem de absorção de água da amostra, menos 2%. A massa foi misturada por um minuto, descansou 5 minutos, e então, continuou a ser misturada até que se atingisse a consistência de 500 ± 20 UF.

A massa foi retirada do vaso misturador e alicotas de $150 \pm 0,1$ g foram pesadas. As porções foram boleadas e moldadas na unidade modeladora do extensógrafo, então foram acondicionadas em cabines de descanso e mantidas a

$30\pm 1^{\circ}\text{C}$. As leituras foram realizadas em 45, 90 e 135 minutos. Após 45 minutos a amostra foi esticada na unidade de estiramento até a ruptura. As partes foram coletadas e boleadas e moldadas e retornaram a cabine de descanso. Estes procedimentos foram repetidos até o último tempo de leitura (135 minutos).

Figura 3 -Extensógrafo (*Extensograph E* - Brabender GMBH, Alemanha)

9.5 Alveografia

A análise de alveografia foi feita conforme método 54-30.02 (1999) da AACC *International*, para avaliação dos parâmetros: pressão máxima (P- mmH_2O), abscissa média de ruptura (L- mm), índice de configuração da curva (P/L) e energia de deformação da massa (W - 10^{-4} J), em Alveógrafo NG (*Alveograph* – Chopin – FR, Villeneuve-la-Garenne, França) com registrador automático Alveolink NG (França) (AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS, 1999).

O alveógrafo foi calibrado conforme os procedimentos descritos no método 54-30.02 (1999) da AACC *International*.

Foram pesados $250\pm 0,5$ g de amostra e colocados no misturador ($24\pm 0,2^{\circ}\text{C}$), o motor e *timer* foram acionados e a quantidade de solução salina 2,5% foi adicionada conforme a umidade da amostra, no tempo de 20 segundos. Deixou-se misturar por 1 minuto, incluindo os 20 segundos de adição da solução salina, então, o motor foi parado e com uma espátula os lados do misturador foram raspados. Está

operação foi realizada em 1 minuto. O misturador foi ligado novamente e prosseguiu-se com a etapa de mistura até se completar 8 minutos de tempo total. O misturador foi parado para inversão da rotação da pá de mistura e iniciou-se a extrusão. Foram descartados 2 cm da massa, e em seguida efetuou-se os procedimentos para o corte de 5 pedaços da massa. Após o corte cada pedaço seguia para câmara de descanso do alveógrafo, a $25 \pm 0,2^\circ\text{C}$. Após 28 minutos do início da mistura da massa, o primeiro foi transferido para o centro da placa fixa do alveógrafo, já untada. A tampa foi colocada e rosqueada. A placa móvel foi girada em 2 voltas completas em 20 segundos, após 5 segundos o anel e a tampa foram retirados e o pedaço foi inflado até ruptura da bolha formada. Esta operação foi repetida para os outros 4 pedaços de massa.

Figura 4 – Alveógrafo NG e Alveolink (Chopin – FR, França)

9.6 Análise de compressão-extrusão (*Back Extrusion*)

Foi realizada em texturômetro TA-XT2 - PLUS *Stable Micro Systems* (Reino Unido) com *probe back extrusion* para análise de extrusão. Os dados foram gerados pelo programa *Texture Exponent 32*.

Parâmetros de análise de extrusão: *probe back extrusion* A/BE (copo acrílico 50x70 mm e disco com 40 mm de diâmetro), distância 25,0 mm, velocidade do teste 2,0 mm/s, tempo 5 s e temperatura da amostra 30°C , determinando-se tensão inicial,

a firmeza, índice consistência, coesividade e índice de viscosidade, através da equação de *Herschel-Bulkley* (Equação 1) (OSORIO & STEFFE, 1991).

A amostra massa foi pesada com aproximadamente 80 g, acondicionada em copo cilíndrico, completando aproximadamente 75% do copo. As leituras foram realizadas no tempo 0, e após fermentação (30°C/80% UR). A massa foi preparada em farinógrafo até seu desenvolvimento ideal, a temperatura de 30°C, segundo formulação exposta na Tabela 1. As amostras adicionadas de fibra foram preparadas com uma mistura: farinha de trigo + 3%FI; farinha de trigo + 5%FI; farinha de trigo + 3% FS ou farinha de trigo + 5%FS.

Tabela 1 - Formulação empregada no preparo de amostra padrão.

Ingredientes	%
Farinha de trigo	100
Sal	1,7
Açúcar	0,5
Gordura vegetal	1,6
Melhorador	56,4
Fermento biológico seco	1,0
Água	Conforme farinograma

9.7 Produção do pão Francês

Os pães foram produzidos conforme formulação padrão: 100% farinha de trigo, 1,7% de sal, 1% fermento biológico seco instantâneo, 0,5% de açúcar, 1,6% gordura vegetal, 1% melhorador, a água foi adicionada conforme absorção determinada em análise de farinografia. As amostras com fibra foram feitas a partir da mesma formulação substituindo-se a farinha de trigo por uma mistura de farinha de trigo e 3% ou 5% de fibra insolúvel ou fibra solúvel.

A massa foi preparada em masseira rápida – 2 velocidades (Moema, modelo MR7-2V, Brasil). Foi batida por 2 minutos em velocidade baixa e de 3 a 5 minutos em velocidade alta até desenvolvimento da rede de glúten (formação de ponto de véu), temperatura final entre 24-25°C. Retirada da masseira descansou por 20 minutos em temperatura ambiente. Foram cortados pedaços com $75,00 \pm 0,75$ g, modelados em modeladora (Perfecta, modelo CS4, Curitiba, Brasil) acomodados em assadeira perfurada. A fermentação aconteceu em Câmara de fermentação (Perfecta, modelo CFC 20, Curitiba, Brasil) a 35°C, 80% Umidade Relativa por 50-60 minutos. Antes do assamento, os pães foram cortados na face superior para a abertura de pestana. Foram assados em forno de lastro (Perfecta, modelo Modulare 2001 M3CV, Curitiba, Brasil) com injeção de vapor, no início da etapa, a 200°C por 25 minutos. Os pães resfriaram por 2 h antes de serem embalados e conduzidos para análise. O diagrama de blocos de processo está sintetizado na Figura 5.

Após resfriamento antes de serem embalados, os pães foram avaliados visualmente quando a formação de crosta craquelada e pestana.

Figura 5 – Diagrama de blocos de processamento do pão Francês

9.8 Volume

A avaliação do volume dos pães foi realizada pelo método de deslocamento de sementes número 10-05.01 da AACC (AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS, 2001), feita em triplicata para cada amostra.

A análise foi realizada em medidor de volume, marca Vongel (modelo MVP1300, Brasil) (Figura 6). Cerca de 5 kg de semente de painço foram colocados no interior do equipamento. Empregou-se um padrão de 500 cm³ para ajustar a leitura do equipamento após deslocamento das sementes. Cada amostra de pão foi centralizada no interior da câmara inferior, então, a porta deslizante foi aberta e as

sementes caíram sobre o pão. Realizou-se a leitura logo após deslocamento e acomodação das sementes.

Figura 6 - Medidor de volume, por deslocamento de semente, Vondel (modelo MVP1300, Brasil)

9.9 Atividade de água

A atividade de água do miolo dos pães foi determinada com medidor de atividade de água, modelo AQUALAB 3TE, DECAGON (EUA).

A análise foi feita em triplicata para cada amostra. O miolo foi cortado colocado na cápsula, que foi introduzida no aparelho. Os resultados foram obtidos a temperatura de 20°C.

9.10 Textura

A textura do miolo foi acompanhada por 3 dias. Utilizou-se a metodologia oficial da AACC, número 74-09.01, em texturômetro TA-XT2-PLUS, *Stable Micro*

Systems (Reino Unido) (AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS, 1999) adaptada para realização de Análise de Perfil de Textura. A análise foi feita em triplicata para cada amostra fatiada na espessura de 25 mm.

Parâmetros empregados: probe cilíndrica de compressão com 25 mm de diâmetro (Perspex P/25P), velocidade de pré-teste 1,0 mm/s; velocidade de teste 5 mm/s; velocidade de pós-teste 5 mm/s; distância de 10 mm; força 10 g, tempo 5s. Os dados foram coletados com o programa *Texture Exponent 32* (Stable Micro Systems, Reino Unido). Parâmetros avaliados: firmeza (N.s), coesividade (adimensional), mastigabilidade (N), elasticidade (adimensional), adesividade (N.s) e resiliência (adimensional) (BOURNE, 2002; RIOS, 2014).

Figura 7 – Análise de Perfil de Textura

9.11 Cor

A cor do miolo foi avaliada logo após o resfriamento do pão assado, em Colorímetro HunterLab, modelo ColorFlex (EUA), calibrado com padrão branco. As amostras foram avaliadas em comparação com a amostra padrão para se verificar a variação significativa de cor entre as amostras quanto: L*(luminosidade), a*(variação

da cor do vermelho ao verde), b^* (variação da cor do amarelo ao azul), considerando do sistema CIELAB de cor, padrão de iluminação D65/10. Cada fatia, com 25 mm de espessura, foi posicionada na parte central superior para obtenção dos valores CIEL*a*b* medidas em 3 pontos diferentes do miolo. A análise foi feita em triplicata para cada amostra avaliada.

9.12 Análise Sensorial

Foi realizada análise sensorial afetiva de aceitação com o objetivo de verificar a aceitação das formulações com fibra pelos possíveis consumidores. Foram avaliados os seguintes atributos: sabor, aroma, textura (crocância), aspecto geral e intenção de compra (Behrens, 2008). O projeto foi submetido à análise pelo Comitê de Ética em Pesquisas da FCF/USP e aprovado (parecer nº 1.624.379) (ANEXO I).

Testes afetivos têm a finalidade de verificar a preferência geral de amostras. Para tanto, dentre os diferentes testes que compõem essa metodologia (de preferência, pareada, ordenação entre outros) escolheu-se o afetivo de aceitação global com escala hedônica estruturada de 9 pontos (9: gostei muitíssimo; 1: desgostei muitíssimo), a escala de intenção de compra de 5 pontos (ANEXO III).

As amostras foram preparadas segundo as boas práticas de fabricação de produtos alimentícios nos laboratórios de Tecnologia de Alimentos III do Departamento de Tecnologia Bioquímica-Farmacêutica-FCF/USP e laboratório de panificação do SENAI-Barra Funda.

Cada ingrediente presente na formulação possui papel essencial na formação e estabilidade da estrutura de pães. A farinha de trigo, agente estruturante e de corpo, será adicionada, em formulações separadas, por duas quantidades de diferentes fibras (solúvel e insolúvel, respectivamente) 3% e 5%.

As avaliações serão realizadas no Laboratório de Análise Sensorial. Foram avaliadas, quanto à preferência a alguns atributos (textura, sabor, aroma e aspecto geral) e intenção de compra, três amostras elaboradas com (1) massa controle (farinha de trigo + fermento biológico + água), (2) massa controle + fibra solúvel, (3) massa controle + fibra insolúvel.

Cada um dos participantes provou as amostras, que por sua vez foram servidas sequencialmente em blocos completos balanceados, com relação à ordem de apresentação das mesmas. As análises foram realizadas duas horas antes ou depois das refeições, períodos adequados para tal avaliação.

Os produtos foram preparados no dia dos testes e mantidos em temperatura de 20 °C até o momento de servir. Os pães foram servidos em pratos plásticos codificados, contendo 30 g do produto. Foi solicitado aos provadores que entre uma amostra e a seguinte provassem água e biscoito de sabor neutro (água e sal) para diminuir a interferência de sabor entre as amostras.

Após provar cada amostra os participantes preencheram a ficha de avaliação (Anexo III) que foi fornecida junto com a primeira amostra.

Foram selecionados 90 provadores não treinados, que se declaram consumidores de pães e não intolerantes ao glúten, sendo que antes da degustação os mesmos foram instruídos a ler e assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo II), declarando-se não alérgico aos componentes das formulações, no caso o glúten, permitindo o uso da informação prestada para seu devido fim, e também possuidores do direito de desistir de participar a qualquer momento do teste.

9.13 Análise dos resultados

Os resultados foram analisados pelos testes Análise de Variância (ANOVA) e posteriormente de Teste Tukey para comparação das médias, em 5% de significância, empregando-se o software Microsoft Office Excel 2003 (Microsoft, EUA).

10. Resultados e Discussão

10.1 Farinografia

Para realização da análise de farinografia foram determinados os valores de umidade de: 13,70% para farinha de trigo; 13,60% para farinha adicionada de 3% de fibra insolúvel e 13,5% para farinha adicionada de 5% de fibra insolúvel.

Na análise de farinografia são determinados: tempo de desenvolvimento, se refere ao tempo de formação da massa até que ela atinja a consistência ideal estabelecida em 500 ± 20 UF; estabilidade é o tempo que a massa sofre trabalho mecânico sem romper a rede de glúten formada; e absorção de água, a porcentagem de água que a farinha de trigo absorve para formar a massa na consistência ideal de 500 ± 20 UF. (PIZZINATO et al., 1996; AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS, 2011).

Com os resultados da farinha de trigo constata-se que esta apresenta boas características para fabricação de pão francês, considerando-se sua absorção de água, tempo de desenvolvimento e estabilidade e índice de tolerância à mistura (ITM), apresentados na Tabela 2.

Verificou-se que as farinhas adicionadas de fibra insolúvel (FI) apresentaram maior absorção de água para atingir a consistência de 500 ± 20 UF em comparação à farinha de trigo. A absorção de água aumentou com o aumento das quantidades de fibra insolúvel, fato também constatado por diversos autores que estudaram a adição de fibra insolúvel á farinha de trigo (CAI et al.; 2014, MAMAT et.al., 2014; ANIL, 2007; ROSELL et al., 2006; DALGETTY; BAIK, 2006, GOMEZ et al., 2003; WANG et al. 2002). O aumento da absorção de água acontece pois fibra possui diversos grupos hidroxila em sua estrutura, aumentando a capacidade de interação com as moléculas de água (MAMAT et.al., 2014).

As amostras contendo fibra solúvel apresentaram as maiores porcentagens de absorção de água. A massa formada com substituição de 5% de FS absorveu 83% de água formando uma massa extremamente aderente e mole, difícil de ser retirada do vaso misturador do aparelho.

O aumento da absorção de água, devido ao emprego de fibras solúveis, como β -glucana (AHMED; THOMAS, 2015; SKENDI et al. 2010), pectina (CORREA et al., 2012), fibra extraída de feno-grego (HUANG et al. 2016) e adição de goma guar (MUDGIL; BARAK; KHATKAR, 2016), também foi observado em pesquisas envolvendo estudos reológicos da massa de pão.

O aumento da absorção de água das amostras adicionadas de fibra ocorre devido às interações dos grupos hidroxila das fibras com a água, formadas por pontes de hidrogênio (GÓMEZ et al., 2003; WANG et al., 2002).

A massa com fibra solúvel mostrou-se menos estável a mistura, principalmente com a substituição de 5% FS (5,6 minutos). A massa com 3% FS, embora, tenha apresentado diferença significativa em relação à padrão e às adicionadas de fibra insolúvel, obteve um tempo de estabilidade de 12 minutos, valor ainda compatível com a estabilidade de farinhas empregadas na produção de pão.

MUDGIL; BARAK; KHATKAR (2016) ao estudarem o emprego de goma guar (uma galactomanana solúvel) na produção de pães, também constataram o aumento de valores do tempo estabilidade das massas preparadas com a fibra.

Os farinogramas das amostras podem ser observados nas Figuras 8, 9, 10, 11 e 12.

Figura 8 - Farinograma obtido da farinha de trigo

Figura 9 - Farinograma obtido da farinha de trigo adicionada de 3% de fibra insolúvel

Figura 10 - Farinograma obtido da farinha de trigo adicionada de 5% de fibra insolúvel

Figura 11 - Farinograma obtido da farinha de trigo adicionada de 3% de fibra solúvel

Figura 12 - Farinograma obtido da farinha de trigo adicionada de 5% de fibra solúvel

Observando as Figuras 8, 9 e 10, nota-se que as curvas da farinha de trigo e da farinha de trigo mais fibra insolúvel de bambu apresentam desenhos semelhantes, mostrando que esta fibra não influenciou os parâmetros controlados na análise de farinografia, fato constatado na análise estatística dos parâmetros: tempo de desenvolvimento, estabilidade, ITM que não diferiram significativamente entre estas amostras.

Todavia, comparando as Figuras 8, 11 e 12 verifica-se que a fibra solúvel (goma tara) interagiu de maneira diferente que a fibra insolúvel, pois alterou o desenho do gráfico obtido, principalmente na mistura contendo 5% de goma tara (fibra solúvel utilizada), mostrando que esta goma provavelmente tenha interagido de forma a enfraquecer a rede formada na amostra com 5%, talvez pela introdução de alto teor de água no sistema (83%), diluindo o total de glúten para a formação de uma rede mais elástica. Pode-se observar, também, que o tempo de hidratação da mistura farinha de trigo e goma tara foi maior que 2 minutos, enquanto das demais amostras ficaram próximos a 1 minuto. O tempo de hidratação é o tempo que leva para a curva atingir a linha de 500 UF.

Com o tratamento estatístico por análise de variância e Teste de Tukey, constatou-se que todas as amostras apresentaram diferenças significativas, ao nível de significância de 5% apenas para os resultados de absorção de água, como está exposto na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados da Análise de Farinografia (Médias $\pm$ desvio padrão)

Parâmetros	Farinha de Trigo	CV %	Farinha de trigo + 3% FI	CV %	Farinha de trigo + 5% FI	CV %	Farinha de trigo + 3% FS	CV %	Farinha de trigo + 5% FS	CV %
Umidade (%)	13,7 $\pm$ 0,0	0,0	13,5 $\pm$ 0,1	0,7	13,50 $\pm$ 0,0	0,0	13,7 $\pm$ 0,3	2,2	13,8 $\pm$ 0,0	0,0
Absorção (%)	56,4 $\pm$ 0,2 ^a	0,4	57,4 $\pm$ 0,2 ^b	0,3	58,1 $\pm$ 0,2 ^c	0,3	69,7 $\pm$ 0,2 ^d	0,2	83,0 $\pm$ 0,0 ^e	0,0
Consistência (UB)	503 $\pm$ 13 ^a	2,6	493 $\pm$ 6 ^a	1,2	498 $\pm$ 6 ^a	1,2	505 $\pm$ 1 ^a	0,2	506 $\pm$ 5 ^a	1,0
Tempo de desenvolvimento (min)	10,6 $\pm$ 0,3 ^a	2,4	11,0 $\pm$ 0,0 ^{a,b}	0,0	10,6 $\pm$ 0,3 ^a	2,8	11,4 $\pm$ 0,2 ^b	1,7	13,5 $\pm$ 0,3 ^c	2,2
Estabilidade (min)	13,5 $\pm$ 0,3 ^a	2,1	14,0 $\pm$ 0,4 ^a	2,8	13,9 $\pm$ 0,2 ^a	1,4	12,1 $\pm$ 0,3 ^b	2,2	5,6 $\pm$ 0,6 ^c	9,8
Índice de tolerância à mistura (UB)	36 $\pm$ 2 ^a	5,5	35 $\pm$ 2 ^a	5,7	38 $\pm$ 1 ^a	2,6	37 $\pm$ 2 ^a	5,4	66 $\pm$ 4 ^c	6,6

Os valores com letras diferentes, na mesma linha, apresentaram diferença significativa, ao nível de 5% de significância, no Teste de Tukey. CV: coeficiente de variação

10.2 Extensografia

Na Tabela 3 têm-se os resultados da análise Extensografia da farinha de trigo e das amostras de farinha adicionada de fibra insolúvel de bambu e farinha adicionada de fibra solúvel, goma tara.

A interpretação dos valores de Energia (139 cm^2), Resistência à extensão (637 UB), Extensibilidade (130 mm) e Número Proporcional (4,9) da farinha de trigo permitem classificá-la como uma farinha forte, própria para a fabricação de pão (PIZZINATO et al., 1996; RASPER; PRESTON, 1991)

Por meio dos resultados, determinados nos tempos de 45, 90 e 135 minutos, observou-se que a adição da fibra insolúvel de bambu influenciou significativamente os valores de Energia (valor referente à energia requerida para esticar a massa), resistência à extensão e extensibilidade da massa, deixando-a mais elástica e menos extensível, levando a um número proporcional maior que o evidenciado para a farinha de trigo (Tabela 3).

Assim, a fibra de bambu, uma fibra insolúvel, ao deixar a massa mais elástica e menos extensível, desenvolveu um papel de agente melhorador da força da farinha de trigo, como verificado também por Goldstein; Ashrafi; Seetharaman (2010) e Anil (2007).

Também, Anil (2007), ao estudar a aplicação de testa de avelã, uma fibra insolúvel, verificou a diminuição da Energia, o aumento da Resistência à extensão e a diminuição da extensibilidade das amostras com o aumento da adição da fibra. Concluindo que os resultados da extensografia mostraram um aumento da força da massa.

O emprego de goma tara levou a formação de massas significativamente menos elásticas, embora não tenha afetado significativamente a extensibilidade. Os números proporcionais das amostras com goma tara foram significativamente menores em relação às demais amostras, confirmando que a adição desta goma enfraqueceu a rede de glúten formada.

Skendi et al. (2010) obtiveram resultados diferentes ao empregarem outro tipo de fibra solúvel, a β -glucana. Os valores de resistência à extensão e extensibilidade foram aumentados com a substituição parcial da farinha pela fibra, resultando em

um efeito melhorador. Influencia semelhante foi relatada por Ahmed; Thomas (2015) ao estudarem a massa adicionada de β -glucana concentrada.

As Figuras de 13 a 15 exibem alguns dos extensogramas gerados na análise.

Figura 13 – Extensograma da farinha de trigo

(A) Extensograma farinha mais 3%FI

(B) Extensograma farinha mais 5%FI

Figura 14 – Extensograma da farinha de trigo com fibra insolúvel (fibra de bambu) 3% (A) e 5% (B)

(A) Extensograma farinha mais 3%FS

(B) Extensograma farinha mais 5%FS

Figura 15 – Extensograma da farinha de trigo com fibra solúvel (goma tara) 3% (A) e 5% (B)

Tabela 3 – Resultados da Análise de Extensografia (Médias $\pm$ desvio padrão)

Parâmetros	Tempo min	Farinha de Trigo	CV %	Farinha de trigo + 3% FI	CV %	Farinha de trigo + 5% FI	CV %	Farinha de trigo + 3% FS	CV %	Farinha de trigo + 5% FS	CV %
Energia - A (cm ²)	45	139 $\pm$ 12 ^a	8,5	129 $\pm$ 4 ^a	2,8	109 $\pm$ 4 ^b	3,8	62 $\pm$ 8 ^c	13	47 $\pm$ 4 ^d	8,0
	90	150 $\pm$ 15 ^a	9,8	120 $\pm$ 22 ^b	18	107 $\pm$ 10 ^b	8,9	70 $\pm$ 9 ^c	12	40 $\pm$ 6 ^d	13
	135	132 $\pm$ 13 ^a	9,6	115 $\pm$ 15 ^a	13	87 $\pm$ 9 ^b	10	53 $\pm$ 9 ^c	16	26 $\pm$ 5 ^d	17
Resistência à extensão - R (UB)	45	637 $\pm$ 60 ^a	9,4	756 $\pm$ 50 ^a	6,6	720 $\pm$ 30 ^a	4,2	285 $\pm$ 42 ^b	15	293 $\pm$ 28 ^{b,c}	9,7
	90	897 $\pm$ 106 ^a	12	1016 $\pm$ 52 ^b	5,1	1054 $\pm$ 52 ^b	4,9	474 $\pm$ 41 ^c	8,7	322 $\pm$ 27 ^d	8,3
	135	931 $\pm$ 39 ^a	4,2	1035 $\pm$ 60 ^a	5,8	1000 $\pm$ 76 ^a	7,6	372 $\pm$ 78 ^b	20	234 $\pm$ 33 ^c	14
Extensibilidade - E (mm)	45	130 $\pm$ 7 ^a	5,6	113 $\pm$ 2 ^b	2,0	106 $\pm$ 2 ^{b,c}	2,3	138 $\pm$ 13 ^a	9,3	122 $\pm$ 12 ^{a,c}	10
	90	119 $\pm$ 6 ^a	4,8	93 $\pm$ 11 ^{b,c}	12	84 $\pm$ 3 ^b	4,1	116 $\pm$ 16 ^a	14	103 $\pm$ 5 ^{a,c}	4,8
	135	107 $\pm$ 11 ^a	10	90 $\pm$ 5 ^b	6,0	75 $\pm$ 5 ^b	3,6	121 $\pm$ 13 ^a	11	88 $\pm$ 9 ^b	9,7
Resistência máxima - Rm (UB)	45	871 $\pm$ 54 ^{a,b}	6,2	907 $\pm$ 59 ^a	6,5	805 $\pm$ 44 ^b	5,4	394 $\pm$ 55 ^c	14	337 $\pm$ 25 ^c	7,3
	90	1090 $\pm$ 122 ^a	11	1090 $\pm$ 69 ^a	6,4	1088 $\pm$ 40 ^a	3,6	525 $\pm$ 55 ^b	10	326 $\pm$ 28 ^c	8,4
	135	1090 $\pm$ 53 ^a	4,9	1108 $\pm$ 86 ^a	7,8	1006 $\pm$ 83 ^a	8,2	399 $\pm$ 78 ^b	19	244 $\pm$ 25 ^c	10
Número proporcional (D)	45	4,9 $\pm$ 0,6 ^a	11	6,7 $\pm$ 0,5 ^b	8,1	6,8 $\pm$ 0,4 ^b	5,2	2,1 $\pm$ 0,4 ^c	20	2,3 $\pm$ 0,3 ^c	13
	90	7,5 $\pm$ 0,8 ^a	11	11,0 $\pm$ 1,00 ^a	9,1	12,5 $\pm$ 0,6 ^b	4,8	4,2 $\pm$ 0,90 ^c	21	3,1 $\pm$ 0,3 ^c	8,3
	135	8,8 $\pm$ 1,0 ^a	11	11,5 $\pm$ 0,5 ^b	4,1	13,3 $\pm$ 0,8 ^c	5,9	3,1 $\pm$ 0,9 ^d	29	2,7 $\pm$ 0,4 ^e	13

Os valores com letras diferentes, na mesma linha, apresentaram diferença significativa, ao nível de 5% de significância, no Teste de Tukey. CV: coeficiente de variação

10.3 Alveografia

Os efeitos da adição de fibra insolúvel de bambu e da fibra solúvel, goma tara, nos resultados da alveografia são mostrados na Tabela 4.

A análise de alveografia determina parâmetros que permitem classificar a farinha quanto à qualidade do glúten, própria para pão, bolo ou macarrão por exemplo. Assim, são avaliados: pressão máxima ou tenacidade (P) que exprime a elasticidade da rede de glúten formada; abscissa média de ruptura (L), relacionada à extensibilidade da rede; energia de deformação da massa (W); e a relação P/L.

A análise da farinha de trigo ao fornecer os dados de pressão máxima (136 mmH₂O), abscissa média de ruptura (57 mm), energia de deformação da massa ($312 \cdot 10^{-4}$ J) e P/L (2,41) conduziu a interpretação que a farinha apresenta-se muito elástica e pouco extensível (PIZZINATTTO et al., 1996; FARIDI; RASPER, 1987).

Não foi possível realizar a análise de alveografia para a amostra de farinha adicionada de 5% de goma tara. Como para esta análise a adição de água é relacionada à umidade da amostra, a quantidade de água requerida não foi suficiente para formar uma massa que escoasse pela abertura da câmara de mistura do alveógrafo para posterior corte de amostras a serem infladas.

Comparando-se os resultados tem-se que a pressão máxima da massa (P) aumentou com a quantidade de fibra de bambu adicionada à farinha, enquanto os valores da abscissa média de ruptura (L) e energia de deformação da massa (W) diminuíram indicando que a adição da fibra insolúvel de bambu deixou a massa mais elástica do que a farinha de trigo pura, fato que pode levar a inferência de que um pão feito com a farinha adicionada de fibra pode ter um volume menor se comparado ao pão sem adição da fibra, já que os valores da alveografia demonstram uma crescente resistência da massa com fibra ao ser inflada, ou seja, a adição de fibra também fortaleceu a farinha.

Tais observações para os resultados de P e L também foram constatadas por Gómez et al. (2003) Wang et al. (2002) ao estudarem a influência da adição de fibras insolúveis nas características da massa. Gómez et al. (2003) observou que este fortalecimento pode ter sido causado por uma interação entre a fibra insolúvel e as proteínas da farinha de trigo. Wang et al. (2002) também relatou que massa

adicionada de fibra rica em celulose mostrou uma forte interação entre a fibra e as proteínas da farinha (WANG et al., 2002).

Para a farinha com 3% de goma tara verificou-se o maior valor de P, menor valor de L e consequentemente maior valor P/L, levando a interpretação que a fibra contribui para fortalecer a farinha, assim, esta mistura apresentava-se boa para elaboração de pão francês (PIZZINATTTO et al., 1996)

Blibech et al.(2015) ao avaliarem a adição de galactomananas (goma locusta) em farinha de trigo também encontraram as mesmas tendências de aumento de P, redução de L e consequentemente alto valor da relação P/L.

Tabela 4 – Resultados da Análise de Alveografia (Médias $\pm$ desvio padrão)

Amostras	P (mmH₂O)	CV %	L (mm)	CV %	W (10⁻⁴ J)	CV %	P/L	CV %
Farinha de trigo	136 $\pm$ 2 ^a	1,7	57 $\pm$ 6 ^a	10,5	312 $\pm$ 27 ^a	8,5	2,41 $\pm$ 0,26 ^a	10,9
Farinha de trigo + 3%FS	186 $\pm$ 12 ^b	6,3	28 $\pm$ 2 ^b	6,0	232 $\pm$ 24 ^b	10,3	6,66 $\pm$ 0,41 ^b	6,10
Farinha de trigo + 3% FI	165 $\pm$ 3 ^c	1,9	39 $\pm$ 3 ^c	8,2	271 $\pm$ 20 ^c	7,3	4,30 $\pm$ 0,36 ^c	8,33
Farinha de trigo + 5%FI	181 $\pm$ 6 ^b	3,2	28 $\pm$ 2 ^b	6,1	221 $\pm$ 20 ^b	9,0	6,55 $\pm$ 0,28 ^b	4,22

Os valores com letras diferentes, na mesma coluna, apresentaram diferença significativa, ao nível de 5% de significância, no Teste de Tukey. CV: coeficiente de variação

10.4 Análise de Compressão e extrusão (*Back Extrusion*)

Com os resultados da análise de compressão-extrusão expostos nas Tabelas 5 e 6 se observa tanto da massa não fermentada como para a massa fermentada, respectivamente, os valores obtidos para os parâmetros de tensão inicial (diferentes de zero) e valores de índice de viscosidade ($\eta > 1$) caracterizando as massas com comportamento Lei da Potência que atendem ao Modelo de *Herschel-Bulkley*.

Analisando os valores encontrados, verifica-se que o emprego das fibras influenciaram todos os parâmetros estudados.

Os valores de firmeza, coeficiente de consistência, coesividade e índice de viscosidade para as massas com goma tara diferiram significativamente (ao nível de 5% de significância) das demais amostras, exceto os valores encontrados para o índice de viscosidade da massa fermentada. Em todos os casos da aplicação de goma tara os parâmetros estudados foram menores, principalmente para a adição de 5%. Assim, constata-se que emprego de goma tara influenciou significativamente as características da massa fermentada e não fermentada deixando-a menos viscosa (menor coeficiente de consistência), menos firme e menos coesa, ou seja, formou-se uma massa menos resistente a aplicação de uma tensão ou trabalho mecânico, devido aos menores valores de firmeza e coesividade. Tal fato pode estar relacionado à porcentagem de água necessária para a formação da massa, que foi maior que o empregado para as outras amostras estudadas. O total de sólidos nestas massas pode ser considerado menor o que explicaria tais resultados.

Em seu estudo sobre a influência das concentrações de trigo triturado e de açúcar nas propriedades reológicas de mingau de trigo, Gujral; Sodhi (2002) também constataram que o coeficiente de consistência avaliado era menor para as menores concentrações (GUJRAL;SODHI; 2002).

As amostras contendo a fibra insolúvel de bambu não diferiram significativamente da amostra padrão, para os parâmetros obtidos, com exceção da firmeza determinada para a massa com 5% FI fermentada. No geral, as massas com fibra insolúvel apresentaram-se mais firmes, com maior coeficiente de consistência, coesividade e índice de consistência, concluindo-se que esta fibra gerou uma massa

mais viscosa e resistente ao trabalho mecânica e às tensões que podem a ela ser aplicadas.

A adição de farelo de trigo na produção de pão francês gerou um aumento no coeficiente de consistência da massa e no índice de viscosidade, principalmente o farelo de maior granulometria (BLEIS et al., 2015).

Estudando o efeito da adição de fibras insolúveis sobre a reologia da massa Bonnard-Ducasse et al. (2010) também observaram que as fibras contribuíram com o aumento da consistência da massa (BONNAND-DUCASSE et al., 2010).

Correlacionando estas informações ao volume dos pães pode se verificar na Tabela 7, que o volume do pão feito com 3% de goma tara foi significativamente maior que o volume dos demais e para ganhar volume a massa expande perante a pressão dos gases formados na fermentação, assim ao apresentar os menores valores de firmeza, coeficiente de consistência, coesividade e índice de viscosidade esta massa expandirá mais, originado como constatado pães com maior volume.

Os volumes dos pães feitos com a fibra de bambu foram ligeiramente menores que o volume do pão padrão, o que pode ser relacionado aos maiores valores de firmeza, coeficiente de consistência, coesividade e índice de viscosidade, obtidos para as massas destas amostras.

Tabela 5 – Resultados da Análise de Compressão Extrusão, massa não fermentada (médias $\pm$ desvio padrão)

Amostras	Tensão		Firmeza (N)		Coeficiente de		Coesividade		Índice de	
	inicial (N)	CV %		CV %	Consistência (N.s)	CV %	(N)	CV %	Viscosidade (N.s)	CV %
Farinha de trigo	0,028 $\pm$ 0,011 ^a	40,78	48,63 $\pm$ 4,03 ^a	8,28	403,33 $\pm$ 41,78 ^a	10,4	-47,93 $\pm$ 3,42 ^a	7,13	-90,21 $\pm$ 13,59 ^a	15,07
Farinha de trigo										
+ 3%FI	0,024 $\pm$ 0,011 ^a	46,55	55,11 $\pm$ 5,63 ^a	10,2	459,83 $\pm$ 57,14 ^a	12,4	-50,24 $\pm$ 3,35 ^a	6,68	-99,04 $\pm$ 12,40 ^a	12,52
Farinha de trigo										
+ 5%FI	0,034 $\pm$ 0,012 ^a	36,45	55,82 $\pm$ 4,93 ^a	8,84	466,01 $\pm$ 44,39 ^a	9,53	-50,34 $\pm$ 3,01 ^a	5,97	-106,0 $\pm$ 11,98 ^a	11,30
Farinha de trigo										
+ 3% FS	0,022 $\pm$ 0,014 ^a	65,70	25,39 $\pm$ 2,62 ^b	10,3	220,71 $\pm$ 19,47 ^b	8,82	-32,04 $\pm$ 2,26 ^b	7,04	-59,89 $\pm$ 7,16 ^b	11,95
Farinha de trigo										
+ 5% FS	0,022 $\pm$ 0,010 ^a	45,61	18,28 $\pm$ 1,98 ^b	10,8	163,36 $\pm$ 18,05 ^b	11,0	-25,88 $\pm$ 2,69 ^b	10,4	-50,46 $\pm$ 5,81 ^b	11,52

Os valores com letras diferentes, na mesma coluna, apresentaram diferença significativa, ao nível de 5% de significância, no Teste de Tukey. CV: coeficiente de variação

Tabela 6 – Resultados da Análise de Compressão Extrusão, pós-fermentação (médias $\pm$ desvio padrão)

Amostras	Tensão inicial (N)	CV %	Firmeza (N)	CV %	Coeficiente de Consistência (N.s)	CV %	Coesividade (N)	CV %	Índice de Viscosidade (N.s)	CV %
Farinha de trigo	0,021 $\pm$ 0,008 ^a	36,83	24,60 $\pm$ 1,35 ^a	5,50	185,52 $\pm$ 16,97 ^a	9,15	-24,07 $\pm$ 2,70 ^a	11,2	-32,22 $\pm$ 7,04 ^a	21,86
Farinha de trigo + 3%FI	0,022 $\pm$ 0,008 ^a	34,47	27,98 $\pm$ 2,86 ^{a,b}	10,2	200,05 $\pm$ 18,57 ^a	9,28	-24,65 $\pm$ 1,65 ^a	6,69	-31,04 $\pm$ 3,94 ^a	12,69
Farinha de trigo + 5%FI	0,025 $\pm$ 0,009 ^a	34,29	29,79 $\pm$ 2,01 ^b	6,75	210,95 $\pm$ 17,35 ^a	8,22	-25,08 $\pm$ 2,56 ^a	10,2	-31,69 $\pm$ 5,87 ^a	18,52
Farinha de trigo + 3% FS	0,018 $\pm$ 0,011 ^a	61,92	11,39 $\pm$ 0,64 ^c	5,66	94,197 $\pm$ 5,723 ^b	6,08	-13,53 $\pm$ 1,08 ^b	7,99	-20,93 $\pm$ 3,01 ^a	14,40
Farinha de trigo + 5% FS	0,021 $\pm$ 0,015 ^a	69,23	9,050 $\pm$ 0,71 ^c	7,82	79,398 $\pm$ 7,040 ^b	8,87	-11,76 $\pm$ 1,29 ^b	11,0	-22,07 $\pm$ 4,21 ^a	19,06

Os valores com letras diferentes, na mesma coluna, apresentaram diferença significativa, ao nível de 5% de significância, no Teste de Tukey. CV: coeficiente de variação

10.5 Resultados da análise do pão Francês

Foram avaliados pães formulados com a farinha de trigo adicionada de 3%FI, 5%FI e 3%FS, mostrados na Figura 16. Não foram produzidos pães com a farinha adicionada de 5%FS, pois com as análises realizadas verificou-se que esta mistura não formou uma massa com uma rede de glúten forte o suficiente para desenvolver um pão com volume e miolo adequados, bem como devido à alta absorção de água (83%) da mistura, a massa formada era muito extensível e aderente, o que dificultaria moldar os pães.

Após o resfriamento os pães de todas as formulações mostraram-se craquelados e com pestana formada, como pode ser observado na Figura 16.

Figura 16 - Pães a: padrão; b: farinha + 3%FI; c: farinha + 5%FI; d: farinha + 3%FS (FI – fibra insolúvel, FS-fibra solúvel) após resfriamento

Pode-se visualizar na Figura 17 o miolo dos pães preparados com diferentes porcentagens de substituição da farinha de trigo.

Figura 17 - Miolo dos pães a: padrão; b: farinha + 3%FI; c: farinha + 5%FI; d: farinha + 3%FS

10.5.1 Atividade de água

A atividade de água é considerada um parâmetro importante relacionado à água livre, para que reações químicas e desenvolvimento microbiano ocorram em alimentos.

Alimentos como pães possuem uma atividade de água relativamente alta que propicia principalmente o desenvolvimento de bolores.

Os pães formulados com farinha de trigo e 3% de fibra solúvel (goma tara) tiveram a média mais alta de atividade de água, $0,971 \pm 0,002$ (Tabela 7). Fato relacionado à absorção de água determinada na análise de farinografia que também foi das maiores, $69,7 \pm 0,2\%$.

A goma tara é caracterizada como uma galactomanana, formada por uma cadeia principal linear de unidades de 1-4 β -D- manopiranosose ligadas a unidades α -1-6-D- galactopiranosose, na proporção de 3 manoses para uma galactose. É aplicada na produção de alimentos com a função de espessar ou estabilizar, visando melhorar suas qualidades (WU et al. 2015).

Tabela 7 – Resultados das Análises de atividade de água e volume (médias $\pm$ desvio padrão)

Amostras	Atividade de água	CV %
Farinha de trigo	0,963 $\pm$ 0,005 ^a	0,52
Farinha de trigo + 3%FS	0,971 $\pm$ 0,002 ^b	0,20
Farinha de trigo + 3% FI	0,968 $\pm$ 0,002 ^a	0,21
Farinha de trigo + 5% FI	0,967 $\pm$ 0,004 ^a	0,41

Os valores com letras diferentes, na mesma coluna, apresentaram diferença significativa, ao nível de 5% de significância, no Teste de Tukey. CV: coeficiente de variação

10.5.2 Volume

O volume dos pães com fibra insolúvel de bambu não diferiu significativamente do padrão, embora os valores tenham sido ligeiramente menores (Tabela 8).

Segundo Gómez et al., 2003, a interação entre a fibra insolúvel e o glúten, deixando a massa mais elástica afetaria negativamente o ganho de volume do pão.

Valores menores do volume do pão também foram observados com a aplicação de outros tipos de fibra insolúvel, como: farinha rica em aleurona (BAGDI et al. 2016); farinha da casca de cevada (rica em fibra insolúvel) (BLANDINO et al., 2015); fibra insolúvel extraída de lentilha, ervilha e grão de bico (DALGETTY; BAIK, 2006); celulose microcristalina e fibra de trigo (GOMEZ et al., 2003).

O volume dos pães produzidos com as fibras foi menor que o pão sem fibra e o miolo dos pães com fibra mostrou-se mais firme na análise de textura (GÓMEZ et al., 2003; WANG et al., 2002).

O pão com fibra solúvel (goma tara) apresentou o maior volume diferindo significativamente dos demais (Tabela 8, Figura 18). Os pães com goma tara fermentaram em menor tempo. Também apresentaram alvéolos bem distribuídos com paredes finas.

Tabela 8 - Resultados do volume do pão Francês (médias $\pm$ desvio padrão)

Amostras	Volume (cm ³)	CV %	Volume Específico (cm ³ /g)
Farinha de trigo	784,7 $\pm$ 13,7 ^a	1,74	12,97
Farinha de trigo + 3%FS	858,3 $\pm$ 25,0 ^b	2,91	14,44
Farinha de trigo + 3% FI	752,8 $\pm$ 15,0 ^a	1,99	12,76
Farinha de trigo + 5% FI	783,3 $\pm$ 10,8 ^a	1,37	13,32

Os valores com letras diferentes, na mesma coluna, apresentaram diferença significativa, ao nível de 5% de significância, no Teste de Tukey. CV: coeficiente de variação

O volume de pães formulados com goma locusta, uma fibra solúvel também classificada como galactomana, também foram maiores que o pão padrão em um estudo realizado por Biblech et al. (2015). Já pães formulados com goma guar, outro tipo de galactomanana, resultaram em volumes menores com aumento da porcentagem de adição da goma (MUDGIL; BARAK; KHATKAR, 2016).

A aplicação de outras fibras solúveis na produção de pães também resultou em pães com volumes maiores em relação ao padrão, como o emprego de fibra solúvel, extraída de cactos de Figueira da Índia (GUEVARA-ARAUZA et al., 2015), de β -glucana concentrada (AHMED; THOMAS, 2015) e β -glucana extraída de cevada (SKENDI et al., 2010).

Figura 18 - Gráfico da variação de Volume (cm³) das amostras dos pães padrão, com adição de 3% de fibra solúvel, 3 e 5% de fibra insolúvel

10.5.3 Cor

Quanto à cor não houve diferença significativa ao de 5%, no Teste de Tukey, para os valores de L* (luminosidade) entre a amostra padrão e as formuladas com fibra insolúvel de bambu, como está exposto na Tabela 9. Todavia, o valor L* do pão com fibra solúvel diferiu significativamente dos demais, seu miolo estava mais branco, pois seu valor médio de L* foi maior.

Tabela 9 - Resultados da Análise de cor (médias $\pm$ desvio padrão)

Amostras	L*	CV %	a*	CV %	b*	CV %
Farinha de trigo	77,07 $\pm$ 1,02 ^a	1,32	0,68 $\pm$ 0,09 ^a	13,1	18,78 $\pm$ 0,57 ^a	3,04
Farinha de trigo						
+ 3%FS	74,07 $\pm$ 1,05 ^b	1,42	0,24 $\pm$ 0,06 ^b	25	16,58 $\pm$ 0,53 ^b	3,19
Farinha de trigo						
+ 3% FI	78,48 $\pm$ 1,01 ^a	1,29	1,01 $\pm$ 0,06 ^c	5,73	19,33 $\pm$ 0,29 ^a	1,50
Farinha de trigo						
+ 5% FI	77,18 $\pm$ 0,75 ^a	0,98	0,75 $\pm$ 0,06 ^a	7,88	19,11 $\pm$ 0,27 ^a	1,41

Os valores com letras diferentes, na mesma coluna, apresentaram diferença significativa, ao nível de 5% de significância, no Teste de Tukey. CV: coeficiente de variação.

10.6 Análise de Perfil de Textura

Comparando-se os resultados da análise de Perfil de textura das amostras de pão francês, nota-se que o pão elaborado com 5% de fibra de bambu não diferiu significativamente, ao nível de significância de 5%, do pão francês padrão, conforme evidenciado nas Tabelas 10, 11 e 12.

O pão feito com substituição de 3% de farinha de trigo por goma tara (FS), diferiu significativamente dos demais principalmente quanto aos resultados da firmeza, que foram os menores ao longo de 3 dias, ou seja, a fibra contribuiu com a manutenção da maciez do miolo por mais tempo, retardando o processo de envelhecimento do pão.

O miolo de pães adicionados de outras fibras solúveis como: a extraída de cactos (Figueira da Índia) (GUEVARA-ARAUZA et. al., 2015) e farinha de alfarroba (SALINAS et. Al., 2015) também se apresentou mais macio e com valores de mastigabilidade menores que o padrão. A aplicação de goma alfarroba purificada também apresentou resultados menores para firmeza, que podem ser explicados por um possível efeito inibidor da retrogradação da amilopectina, e pela alta capacidade de retenção de água da goma (BLIBECH et. al. 2015). Já os resultados de firmeza, para o emprego de outras fibras solúveis como de goma guar (uma galactomanana) (MUDGIL; BARAK; KHATKAR, 2016) e de uma farinha de alga marinha, rica em fibra solúvel (MAMAT et al. 2014), em pão foram maiores que o padrão.

Observando a Figura 19, evidencia-se o efeito das fibras sobre os valores de firmeza e mastigabilidade do pão francês, verificando-se a influência positiva da fibra solúvel na maciez do pão e como, principalmente, nos dois primeiros dias a influência de 5% de fibra de bambu não afeta estas características.

O pão francês feito com a adição de 3% fibra insolúvel de bambu apresentou os maiores valores de firmeza e mastigabilidade. Todavia, o pão com 5% de fibra insolúvel não diferiu significativamente, ao nível de significância de 5%, do pão padrão em todos os parâmetros avaliados.

Outros autores que estudaram a aplicação de fibra insolúvel em pães, também constataram a diminuição da firmeza dos pães. (BLANDINO et al. 2015; DALGETTY,BAIK 2006; GOMEZ et al. 2003)

Figura 19 - Variação da firmeza e mastigabilidade das amostras de pão francês padrão, com 3% de fibra solúvel, 3 e 5% de fibra insolúvel

Assim, com base nos resultados da análise de Perfil de Textura, as formulações com substituição da farinha de trigo em 5% de fibra insolúvel de bambu e em 3% de fibra solúvel (goma tara) foram selecionadas para a análise sensorial para avaliação da aceitação dos pães.

Tabela 10 – Resultados da análise de Perfil de Textura do miolo do pão francês (média $\pm$ desvio padrão)

Amostras	Farinha de trigo		Farinha de trigo + 3%FI		Farinha de trigo + 5% FI		Farinha de trigo + 3% FS	
		CV %		CV %		CV %		CV %
Firmeza (N)	2,88 $\pm$ 0,34 ^a	11,80	4,11 $\pm$ 0,61 ^b	14,92	3,08 $\pm$ 0,53 ^a	17,21	1,63 $\pm$ 0,23 ^c	13,82
Elasticidade	1,01 $\pm$ 0,01 ^a	0,99	0,98 $\pm$ 0,02 ^b	2,04	1,01 $\pm$ 0,01 ^a	0,99	1,00 $\pm$ 0,01 ^{a,b}	1,00
Coesividade (N)	0,79 $\pm$ 0,03 ^a	3,31	0,75 $\pm$ 0,02 ^a	2,65	0,75 $\pm$ 0,03 ^a	3,75	0,79 $\pm$ 0,02 ^a	1,95
Mastigabilidade (N.mm)	2,29 $\pm$ 0,22 ^a	9,610	3,04 $\pm$ 0,43 ^b	14,14	2,34 $\pm$ 0,41 ^{a,b}	17,52	1,29 $\pm$ 0,19 ^c	14,73
Resiliência	0,44 $\pm$ 0,03 ^a	6,82	0,41 $\pm$ 0,02 ^a	4,88	0,42 $\pm$ 0,04 ^a	9,52	0,41 $\pm$ 0,03 ^a	7,32

Os valores com letras diferentes, na mesma linha, apresentaram diferença significativa, ao nível de 5% de significância, no Teste de Tukey. CV: coeficiente de variação

Tabela 11 – Resultados da análise de Perfil de Textura do miolo do pão francês, após 1 dia (média $\pm$ desvio padrão)

Amostras	Farinha de trigo		Farinha de trigo + 3%FI		Farinha de trigo + 5% FI		Farinha de trigo + 3% FS	
		CV %		CV %		CV %		CV %
Firmeza (N)	6,16 $\pm$ 0,64 ^a	10,39	8,08 $\pm$ 0,89 ^b	11,01	6,15 $\pm$ 0,98 ^a	15,93	2,97 $\pm$ 0,46 ^c	15,49
Elasticidade	0,97 $\pm$ 0,02 ^a	2,06	0,95 $\pm$ 0,01 ^a	1,05	0,97 $\pm$ 0,02 ^a	2,06	0,98 $\pm$ 0,02 ^a	2,04
Coesividade (N)	0,59 $\pm$ 0,03 ^a	5,08	0,56 $\pm$ 0,03 ^a	5,36	0,59 $\pm$ 0,03 ^a	5,08	0,68 $\pm$ 0,02 ^b	2,94
Mastigabilidade (N.mm)	3,50 $\pm$ 0,42 ^a	12,00	4,31 $\pm$ 0,57 ^a	13,23	3,54 $\pm$ 0,57 ^a	16,10	1,97 $\pm$ 0,36 ^b	18,27
Resiliência	0,25 $\pm$ 0,02 ^{a,b}	8,00	0,23 $\pm$ 0,02 ^b	8,70	0,26 $\pm$ 0,03 ^{a,b}	11,54	0,31 $\pm$ 0,02 ^{c,a}	6,45

Os valores com letras diferentes, na mesma linha, apresentaram diferença significativa, ao nível de 5% de significância, no Teste de Tukey. CV: coeficiente de variação

Tabela 12 – Resultados da análise de Perfil de Textura do miolo do pão francês, após 2 dias (média $\pm$ desvio padrão)

Amostras	Farinha de trigo	CV %	Farinha de trigo + 3%FI	CV %	Farinha de trigo + 5% FI	CV %	Farinha de trigo + 3% FS	CV %
Firmeza (N)	8,05 $\pm$ 0,71 ^a	8,82	11,08 $\pm$ 0,73 ^b	6,59	9,99 $\pm$ 1,42 ^{a,b}	14,2	4,74 $\pm$ 0,63 ^c	13,3
Elasticidade	0,94 $\pm$ 0,03 ^a	3,19	0,93 $\pm$ 0,03 ^a	3,23	0,96 $\pm$ 0,03 ^a	3,13	0,96 $\pm$ 0,02 ^a	2,08
Coesividade (N)	0,49 $\pm$ 0,03 ^a	6,12	0,46 $\pm$ 0,05 ^a	10,9	0,45 $\pm$ 0,03 ^a	6,67	0,57 $\pm$ 0,03 ^b	5,26
Mastigabilidade (N.mm)	3,68 $\pm$ 0,40 ^{a,b,c}	10,87	4,76 $\pm$ 0,68 ^b	14,29	4,33 $\pm$ 0,79 ^b	18,24	2,59 $\pm$ 0,39 ^c	15,06
Resiliência	0,20 $\pm$ 0,03 ^{a,b,c}	15,0	0,18 $\pm$ 0,03 ^b	16,7	0,18 $\pm$ 0,02 ^b	11,1	0,24 $\pm$ 0,02 ^c	8,33

Os valores com letras diferentes, na mesma linha, apresentaram diferença significativa, ao nível de 5% de significância, no Teste de Tukey. CV: coeficiente de variação

10.7 Análise Sensorial

Dos 90 resultados coletados, 22 foram descartados pois as fichas de avaliação não foram preenchidas completamente. Assim, foram analisados 68 resultados para cada atributo pesquisado.

Os resultados da análise sensorial de aceitação das amostras de pão francês podem ser observados na Tabela 13, e constata-se que todas as amostras obtiveram avaliações que ficaram entre o gostei regularmente (7) e o gostei muito (8), da escala hedônica, indicando que o pão foi aceito pelos consumidores que participaram da análise.

Na avaliação dos provadores, o pão francês com 3% de fibra solúvel (goma tara) não diferiu do pão francês padrão, ao nível de significância de 5%.

Tabela 13 - Resultados da Análise Sensorial das amostras de pão francês padrão, com 3% de fibra solúvel e 5% de fibra insolúvel (médias $\pm$ desvio padrão)

Amostras	Pão francês		Pão francês + 3%FS		Pão francês + 5% FI	
		CV %		CV %		CV %
Sabor	8,03 $\pm$ 0,86 ^a	10,71	8,01 $\pm$ 0,87 ^a	10,86	7,59 $\pm$ 1,28 ^b	16,86
Aroma	7,76 $\pm$ 1,11 ^a	14,30	7,89 $\pm$ 0,97 ^a	12,29	7,63 $\pm$ 1,04 ^a	13,63
Textura	7,79 $\pm$ 1,36 ^a	17,40	7,87 $\pm$ 1,38 ^a	17,55	6,93 $\pm$ 1,79 ^b	25,83
Aspecto geral	8,00 $\pm$ 1,02 ^{a,b}	12,75	8,01 $\pm$ 1,03 ^a	12,85	7,57 $\pm$ 1,19 ^b	15,70

Os valores com letras diferentes, na mesma coluna, apresentaram diferença significativa ao nível de 5% de significância, no Teste de Tukey. CV: coeficiente de variação

Após provarem a amostra 55% dos provadores indicaram que certamente comprariam a amostra de pão francês sem fibras, enquanto 48,4% certamente comprariam o pão com fibra solúvel (goma tara).

Mais informações sobre a intenção de compra, questionada aos consumidores na análise sensorial, podem ser visualizadas na Figura 20.

Figura 20 - Intenção de compra para as amostras de pão francês padrão, com 3% de fibra solúvel e 5% de fibra insolúvel

Em relação às características que os provadores mais gostaram das amostras, nota-se que a o pão francês sem substituição e pão com substituição de 3% de fibra solúvel destacaram-se quanto à crocância e sabor, como se observa na Figura 21.

Figura 21 - Características que os provadores mais gostaram nas amostras de pão francês padrão, com 3% de fibra solúvel e 5% de fibra insolúvel

Figura 22 - Características que os provadores menos gostaram nas amostras de pão francês padrão, com 3% de fibra solúvel e 5% de fibra insolúvel

Quanto às características que os provadores menos gostaram nos pães, verifica-se que a amostra com 5% de fibra insolúvel não agradou principalmente quanto a sua textura, como se constata na Figura 22.

11. Conclusão

Com o estudo realizado conclui-se que:

- É viável, do ponto de vista tecnológico e sensorial, produzir pão francês com substituição da farinha por 3 e 5% de fibra insolúvel de bambu e 3% fibra solúvel, a goma tara;
- A introdução destas fibras afetou as características reológicas da massa, principalmente deixando-a mais elástica, causando um efeito melhorador na farinha;
- Em todas as substituições houve um aumento da absorção de água, do tempo de desenvolvimento;
- O emprego da fibra de bambu aumentou o tempo estabilidade à mistura, enquanto a goma tara na concentração de 3% reduziu este tempo sem que a mistura perdesse qualidades de aplicação;
- A substituição em 5% de goma tara afetou negativamente as características da massa formada, principalmente pelo alto teor de absorção de água (83%), formando uma massa muito mole, pouco consistente e de difícil manipulação para produção de pão;
- Com a análise de *Back Extrusion* se verificou que as massas atendiam ao Modelo de *Herschel-Bulkley*;
- O emprego das fibras não afetou a formação de uma crosta craquelada e abertura de pestana nos pães;
- Os pães produzidos com fibra de bambu apresentaram um volume menor em relação aos demais, devido a maior consistência e aumento mais significativo na resistência à extensão;
- O pão francês com 3 % de goma tara apresentou um miolo mais claro que o padrão, com maiores valores médios de L^* (luminosidade);
- O pão com 5% de fibra de bambu não diferiu significativamente na Análise de Perfil de Textura do pão padrão. Entretanto, na análise sensorial de aceitação, apresentou as menores médias em relação aos atributos avaliados;
- Na análise sensorial de aceitação, o pão francês com 3% de goma tara foi melhor aceito que o pão com 5% de fibra de bambu.

13. Referências

AHMED, J.; THOMAS, L. Effect of β - glucan concentrate and water addition on extensional rheology of wheat flour dough. **LWT - Food Science and Technology**. v. 63, p. 633-639, 2015a.

AHMED, J.; THOMAS, L. Effect of β - glucan concentrate and water uptake, rheological and textural properties of wheat flour dough. **International Journal of Food Properties**. v. 18, p. 1801-1816, 2015b.

ALMEIDA, E. L.; CHANG, Y. K.; STEEL, C. J. Dietary fibre sources in bread: Influence on technological quality. **LWT - Food Science and Technology**. v. 50, p. 545-553, 2013.

ALMEIDA, E. L.; CHANG, Y. K. Structural changes in the dough during the pre-baking and re-baking of French Bread made with whole wheat flour. **Food Bioprocess Technol.** v. 6,n.10, p.2808- 2819, 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução RDC n.263, de 22 de setembro de 2005**. Aprova o regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/1ae52c0047457a718702d73fbc4c6735/RDC_263_2005.pdf?MOD=AJPERES. Acesso em: 03 ago de 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução RDC n.360, de 23 de dezembro de 2003**. Aprova o regulamento técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados, tornando obrigatória a rotulagem nutricional. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/ec3966804ac02cf1962abfa337abae9d/Rsolucao_RDC_n_360de_23_de_dezembro_de_2003.pdf?MOD=AJPERES. Acesso em: 03 ago de 2013.

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. AACC International. Approved Methods of Analysis. **Baking quality**: AACC Method 10-05.01: Guidelines for measurement of volume by rapeseed displacement. 11 ed. St. Paul: AACC International, 2001. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1094/AACCIntMethod-10-05.01>. Acesso em: 26 out. 2012

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. AACC International. Approved Methods of Analysis. **Physical Dough Tests** 11th Ed. AACC Method 54-10.01: Extensograph method, general. 11 ed. St. Paul: AACC International, 1999.

Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1094/AACCIIntMethod-54-10.01>. Acesso em: 26 out. 2012

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. AACC International. Approved Methods of Analysis. **Physical Dough Tests**: AACCI Method 54-21.01: Farinograph method for flour. 11 ed. St. Paul: AACC International, 2011. Disponível em : <http://dx.doi.org/10.1094/AACCIIntMethod-54-21.02> . Acesso: 26 out 2012.

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. AACC International. Approved Methods of Analysis. **Physical Dough Tests**: AACCI Method 54-30.02: Alveograph method for soft and hard wheat flour. 11.ed. St. Paul: AACC International, 1999. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1094/AACCIIntMethod-54-30.02> . Acesso em: 26 out. 2012

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. AACC International. Approved Methods of Analysis. **Staleness/Texture**: AACCI Method 74-09.01: Measurement of bread firmness by universal testing machine. 11.ed. St. Paul: AACC International, 1999. Disponível em : <http://dx.doi.org/10.1094/AACCIIntMethod-74-09.01>. Acesso em: 26 out. 2012

ANIL, M. Using of hazelnut testa as a source of dietary fiber in breadmaking. **Journal of Food Engineering**. v. 80,n.80, p. 61–67, 2007.

AQUINO, V. C. **Estudos da estrutura de massas de pães elaboradas a partir de diferentes processos fermentativos**. São Paulo, 2012, 87 p. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências Farmacêuticas – Universidade de São Paulo.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PANIFICAÇÃO E CONFEITARIA. **Perfil da panificação**. Disponível em: <http://www.propan.com.br/institucional.php?idcat=9>. Acesso em: 06 nov. 2013.

BAGDI, A.; TÓTH,B.; LŐRINCZ, R.; SZENDI,Sz.; GERE, A.; KÓKAI, Z.; SIPOS, L. Effect of aleurone-rich flour on composition, baking, textural, and sensory properties of bread. **LWT – Food Science and Technology**, v. 65, p. 762-769.

BIGNE,F.; PUPPO, M. C.; FERRERO,C. Fibre enrichment of wheat flour with mesquite (*Prosopis spp.*): Effect on breadmaking performance and staling. **LWT – Food Science and Technology**, v. 65, p. 1008-1016, 2016.

BEHRENS, J. **Análise Sensorial de Alimentos**. São Paulo: 2008, 79p. [Apostila do Curso de Análise Sensorial de Alimentos].

BEMPARANÁ. Economia. Consumo de pão aumenta 1,76% no Brasil em 2012. Disponível em: <http://www.bemparana.com.br/noticia/253992/consumo-de-pao-aumenta-176-no-brasil-em-2012>. Acesso em: 06 nov. 2013.

BLACK , P. D. ; LEWIS, D. Dietary fiber: Consumer Attitudes and Preferences. **Cereal Foods World**. vol 54, n. 5, p.213-215, 2009.

BLANDINO, M.; LOCATELLI, M.; GAZZOLA, A.; COÏSSON, J. D.; GIACOSA, S.; TRAVAGLIA, F.; BORDIGA, M.; REYNERI, A.; ROLLE, L.; ARLORIO, M. Hull-less barley pearling fractions: Nutritional properties and their effect on the functional and technological quality in bread-making. **Journal of Cereal Science**, v. 65, p. 48-56, 2015.

BLIBECH, M.; MAKTOUF, S.; CHAARI, F.; ZOUARI, S.; NEIFAR, M.; BESBES, S.; ELLOUZE-GHORBEL, R. Functionality of galactomannan extracted from Tunisian carob seed in bread. **Journal of Food Science and Technology**. v. 52, n.1, p.423-429, 2015.

BONNAND-DUCASSE, M. ; DELLA VALLE, G. ; LEFEBVRE, J. ; SAULNIER; L. Effect of wheat dietary fibres on Bread dough development and rheological properties. **Journal of Cereal Science** , vol. 52, n.2, p. 200-206, 2010.

BOURNE, M.C. **Food texture and viscosity: concept and measurement**. 2ed. New York: Academic Press, 2002. p. 416

CAI, L.; CHOI, I.; LEE, C.K; PARK, K.K.; BAIK, B.K. Bran Characteristics and Bread-Baking Quality of Whole Grain Wheat Flour. **Cereal Chemistry**, vol. 91, n.4, p. 398-405, 2014.

CARVALHO Jr., D. **Controle de qualidade de trigo e derivados e tratamento e tipificação de farinhas**. Curitiba: Granotec do Brasil, 2001. 99p. [Apostila].
CAUVAIN, S. P. **Bread making – Improving quality**. 1ª Ed. England: Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, 2003. 589p.

CAUVAIN, S. P.; YOUNG, L. S. **Tecnologia da Panificação**. 2ª Ed. Barueri: Manole, 2009. 418p.

CHAREONTHAIKIJ, P.; UAN-ON, T.; PRINYAWIWATKUL, W. Effects of pineapple pomace fibre on physicochemical properties of composite flour and dough, and consumer acceptance of fibre-enriched wheat bread. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 51, p. 1120-1129, 2016.

COMISIÓN DEL CODEX ALIMENTARIUS. Programa Conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias. Itália. Alinorm 09/32/26, 29 jun. – 4 jul. de 2009.

CORREA, M. J., PÉREZ, G. T.; FERRERO, C. Pectins as Breadmaking Additives: Effect on Dough Rheology and Bread Quality. **Food and Bioprocess Technology**. v. 5, n.7, p. 2889-2898, 2012.

D'APPOLONIA, B. L.; KUNERTH, W. **The Farinograph Handbook**. 3.ed. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1984, 64 p.

DALGETTY, D. D.; BAIK, B-K. Fortification of bread with hulls and cotyledon fibers isolated from peas, lentils and chickpeas. **Cereal Chemistry**. v. 83, n.3, p. 269 – 274, 2006.

DEVRIES, J. W. The Definition of Dietary Fiber. **Cereal Foods World**. v. 46, n.3, p. 112-129, 2001.

DOBRA SZCZYK, B. J. ; MORGENSTERN, M. P. Rheology and the breadmaking process. **Journal of Cereal Science**, v. 38, n.3, p.229-245, 2003.

DOBRA SZCZYK, B.J. The physics of baking: rheological and polymer molecular structure-function relationships in breadmaking. **Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics**, v.124, n.1/3, p.61-69, 2004. [Selected papers from the Proceedings of a conference on Rheometry organised by the University of Wales Institute of Non-Newtonian Fluid Mechanics(UWINNFM) in April 2003].

FARIDI, H.; RASPER, V.F. **The alveograph handbook**. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1987. 56p.

GUEVARA-ARAUZA, J. C.; BÁRCENAS, D. G.; ORTEGA-RIVAS, E.; MARTÍNEZ, J. D. P.; HERNÁNDEZ, J. R.; ORNELAS-PAZ, J. J. Effect of fiber fractions of prickly pear cactus (*nopal*) on quality and sensory properties of wheat bread rolls. **Journal of Food Science and Technology**, v. 52, n. 5, p. 2990-2997.

GOESAERT, H.; BRIJS, K.; VERAVERBEKE, W.S.; COURTIN, C.M.; GEBRUERS, K.; DELCOUR, J.A. Wheat flour constituents: how they impact bread quality, and how to impact their functionality. **Trends in Food Science & Technology**, v.16, n.1/3, p.12-30, 2005. [Second International Symposium on Sourdough - from Fundamentals to Applications].

GÓMEZ, M.; RONDA, F.; BLANCO, C.A.; CABALLERO, P.A.; APESTEGUÍA, A. Effect of dietary fibre on dough rheology and bread quality. **European Food Research and Technology**, v.216, n.1, p.51-56, 2003.

GUARDA, A.; ROSELL, C. M.; BENEDITO, C.; GALOTTO, M. J. Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. **Food Hydrocolloids**, v. 18, p. 241-247, 2004.

GUJRAL, H. S.; SODHI, N.S. Back extrusion properties of wheat porridge (*Dalia*). **Journal of Food Engineering**, v. 52, p. 53-56, 2002.

HOSENEY, R. C. **Principles of cereal: science and tecnology**. 2. ed. Saint Paul: AACC, 1994. 378p.

HUANG, G.; GUO, Q.; WANG, C.; DING, H. H.; CUI, S W. Fenugreek fibre in bread: effects on dough development and bread quality. **LWT – Food Science and Technology**, v. 71, p. 274-280, 2016.

INDRANI, D.; SAKHARE, S. D.;MILIND; INAMDAR, A. A. Rheological, physico-sensory, nutritional and storage characteristics of bread enriched with roller milled fractions of black gram (*Phaseolus mungo L.*). **Journal of Food Science and Technology**, v. 52, n. 8, p. 5264-5270, 2015.

INTERNATIONAL FOOD INFORMATION COUNCIL (IFIC) FOUNDATION. **Consumer Attitudes toward Food, Nutrition & Health- A Trended Survey**. FOOD & HEALTH SURVEY, 2008 Disponível em: <http://www.foodinsight.org/Content/6/IFICFdn2008FoodandHealthSurvey.pdf>. Acesso: 05 fev. 2015

JENSEN, S.; SKIBSTED, L. H.; KIDMOSE, U.; THYBO, A.K. Addition of cassava flours in bread-making: Sensory e textural evaluation. **LWT-Food and Technology**, v. 60, p. 292-299, 2015.

KUREK, M.; WYRWISZ, J.; PIWIŃSKA, M.; WIERZBICKA, A. The effect of oat fibre powder particle size on the physical properties of wheat bread rolls. **Food Technology and Biotechnology**, v. 54, n. 1, p. 45-51, 2016.

LE BLEIS, F.; CHAUNIER, L.; CHIRON, H.; VALLE, G. D., SAULNIER,L. Rheological properties of wheat flour dough and French bread enriched with wheat bran. **Journal of Cereal Science**, v. 65, p. 167-174, 2015.

LEWIS, M.J. **Propriedades físicas de los alimentos y de los sistemas de procesamiento**. Zaragoza: Editorial Acribia, 1993. 494p.

MAMAT, H.; MATANJUN, P.; IBRAIM, S.; AMIN, S.F.M.; HAMID, M.A.; RAMELI, A.S. The effect of seaweed composite flour on the textural properties of dough and bread. **Journal of Applied Phycology**, v.26, n.2, p.1057-1062, 2014.

MARTIN, C.; CHIRON, H.; ISSANCHOU, S. Impact of dietary fiber enrichment on the sensory characteristics and acceptance of French baguettes. **Journal of Food Quality**, v.36, n.5, p.324-333, 2013.

MIRSAEEDGHAZI, H.; EMAM-DJOMEH, Z.; MOUSAVI, S.M.A. Rheometric measurement of dough rheological characteristics and factors affecting it. **International Journal of Agriculture and Biology**, v.10, n.1, p.112-119, 2008.

MORIARTEY, S.; TEMELLI, F.; VASANTHAN, T. Effect of health information on consumer acceptability of bread fortified with β -glucan and effect of fortification on bread quality. **Cereal Chemistry**, v.87, n.5, p.428-433, 2010.
NELSON, A.L. **High-fiber ingredients**. Saint Paul: Eagan Press, 2001. 97p. (Eagan Press Handbook Series).

MUDGIL, D.; BARAK, S.; KHATKAR, B.S. Optimization of bread firmness, specific loaf volume and sensory acceptability of bread with soluble fiber and different water levels. **Journal of Cereal Science**, v. 70, p. 186-191, 2016.

OSORIO, F. A.; STEFFE, J. F. Evaluating Herschel-Bulkley fluids with the back extrusion (annular pumping) technique. **Rheologica Acta**, v.30, p. 549-558, 1991.

PAREYT, B.; FINNIE, S. M.; PUTSEYS, J. A.; DELCOUR, J. A. Lipids in bread making: Sources, interactions, and impact on bread quality. **Journal of Cereal Science**, v. 54, p. 266-279, 2011.

PERESSINI, D.; SENSIDONI, A. Effect of soluble dietary fibre addition on rheological and breadmaking properties of wheat doughs. **Journal of Cereal Science**, v.49, n.2, p.190-201, 2009.

PIZZINATO, A.; MAGNO, C.P.R.S; CAMPAGNOLLI; D.M.F. **Avaliação e controle de qualidade da farinha de trigo**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1996. 67p. [Apostila].

RASPER, F. V.; PRESTON, K. R. **The extensigraph handbook**. Saint Paul: American Association of Cereal Chemists, 1991. 46p.

RIEDER, A.; HOLTEKJØLEN, A.K.; SAHLSTRØM, S.; MOLDESTAD, A. Effect of barley and oat flour types and sourdoughs on dough rheology and bread quality of composite wheat bread. **Journal of Cereal Science**, v.55, n.1, p.44-52, 2012.

RIOS, R. V. C. **Efeitos da substituição de gordura vegetal hidrogenada nas propriedades estruturais de bolos**. São Paulo, 2014, 131 p. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências Farmacêuticas – Universidade de São Paulo.

RIOS, R. V.; PESSANHA, M. D. F.; ALMEIDA, P. F.; VIANA, C. L.; LANNES, S. C. S. Application of fats in some food products. **Food Science and Technology**. v. 34, n.1, p. 3-15, 2014.

ROSELL, C.M.; SANTOS, E.; COLLAR, C. Mixing properties of fibre-enriched wheat bread doughs: a response surface methodology study. **European Food Research and Technology**, v.223, n.3, p.333-340, 2006.

RUBEL, I. A.; PÉREZ, E.E.; MANRIQUE, G. D.; GENOVESE, D. B. Fibre enrichment of bread with Jerusalem artichoke inulin: Effect on dough rheology and bread quality. **Food Structure**, v. 3, p. 21-29, 2015

SALINAS, M. V.; CARBAS, B.; BRITES, C.; PUPPO, M. C. Influence of different Carob fruit flours (*Ceratonia siliqua* L.) on wheat dough performance and bread quality. **Food Bioprocess Technology**, v. 8, p. 1561-1570, 2015.

SANZ-PENELLA, J.M.; WRONKOWSKA, M.; SORAL-SMIETANA, M.; HAROS, M. Effect of whole amaranth flour on bread properties and nutritive value. **LWT-Food Science and Technology**, v. 50, p. 679-685, 2013

SCANLON, M.G.; ZGHAL, M. C. Bread properties and crumb structure. **Food Research International**, v. 34, p. 841-864, 2001.

SIMOVIĆ, D.Š.; FILIPOVIĆ, N.; GYURA, Z.Š.J.; JOKIĆ, A.; PAJIN, B. Optimization of the formula of bread enriched with sugar beet fibres. **Acta Alimentaria**, v.39, n.4, p.488–497, 2010.

SIVAM, A.S.; SUN-WATERHOUSE, D.; QUEK, S.Y.; PERERA, C.O. 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.

SKENDI, A.; BILIADERIS, C.G.; PAPAGEORGIOU, M.; IZYDORCZYK, M.S. Effects of two barley β -glucan isolates on wheat flour dough and bread properties. **Food Chemistry**, v.119, n.3, p.1159-1167, 2010.

STEFFE, J.F. Introduction to rheology. In.:____ **Rheological methods in food process engineering**. 2ed. East Lansing: Freeman Press, 1996. cap. 1, p. 1-91.

SZCZESNIAK, A. S. Texture is a sensory property. **Food Quality and Preference**, v. 13, p. 215-225, 2002.

TROWELL, H. Definition of dietary fiber and hypotheses that it is a protective factor in certain diseases. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.29, n.4, p.417-427, 1976.

U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE AND U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES. **Dietary Guidelines for Americans, 2010**. 7.ed. Washington, DC: U.S. Government Printing Office, p.95, 2010.

VITOLO, M.R.; CAMPAGNOLO, P.D.B.; GAMA, C.M. Fatores associados ao risco de consumo insuficiente de fibra alimentar entre adolescentes. **Jornal de Pediatria**, v.83, n.1, p.47-52, 2007.

WANG, J.; ROSELL, C.M.; BARBER, C.B. Effect of the addition of diferente fibres on wheat dough performance and bread quality. **Food Chemistry**, v.79, n.2, p.221-226, 2002.

WU, Y.; DING, W.; JIA, L.; HE, Q. The rheological properties of tara gum (*Caesalpinia spinose*). **Food Chemistry**, v. 168, p. 366-371, 2015.

ZHOU, W.; HUI, Y.H., eds. **Bakery products: science and tecnology**. Chichester: Wiley Blackwell Publishing, 2006. 776p.

ANEXO I – Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: PROPRIEDADES REOLÓGICAS DA MASSA DE PÃO FRANCÊS ADICIONADA DE FIBRA ALIMENTAR E CARACTERÍSTICAS SENSORIAIS DO PRODUTO APÓS ASSAMENTO

Pesquisador: Suzana Caetano da Silva Lannes

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 56558316.3.0000.0067

Instituição Proponente: Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.624.379

Apresentação do Projeto:

O mercado de pães vem apresentando nos últimos anos uma crescente importância dentro do setor trigo. Algumas tendências têm sido observadas dentro da indústria e setor de panificação, entre as quais se podem destacar o crescimento dos pães adicionados de fibras. Como esses produtos apresentam em sua formulação grandes quantidades de farinha de trigo, há uma grande preocupação com o consumo excessivo na alimentação e valor nutricional baixo. Para tanto, será realizado um estudo no qual se verificará a hipótese de adição de fibras solúveis e insolúveis em pão francês, o mais consumido pelos brasileiros, visando melhoria nutricional e seu desempenho tecnológico nas formulações.

Objetivo da Pesquisa:

A proposta deste estudo é avaliar as propriedades reológicas da massa de pão francês adicionada de fibra alimentar e as características sensoriais do pão obtido da melhor formulação.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os riscos são mínimos e se referem a potencialidade de reações alérgicas a componentes da formulação. Os benefícios incluem a possibilidade de aumentar o consumo de fibras alimentares pela população por meio de alimento - o pão francês - de amplo consumo pela população

Endereço: Av. Prof. Lineu Prestes, 580, Bloco 13A, sala 112
Bairro: Butantã **CEP:** 05.508-000
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)3091-3622 **Fax:** (11)3031-8986 **E-mail:** cepfcf@usp.br

FACULDADE DE CIÊNCIAS
FARMACÊUTICAS DA
UNIVERSIDADE DE SÃO

Continuação do Parecer: 1.624.379

brasileira.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Trata-se de pesquisa importante, que visa desenvolver formulações de pão francês adicionados de fibras alimentares solúveis e insolúveis. Esses componentes dietéticos são importantes para melhora do trânsito intestinal, modulação da microbiota intestinal e redução da absorção de colesterol proveniente da dieta ou secreção biliar. Seu consumo na população brasileira é menor do que o recomendado. Dessa forma, a pão francês, produto de amplo consumo pela população brasileira, é alimento interessante para adição de fibras alimentares. Entretanto, isso pode eventualmente alterar as propriedades reológicas do produto, bem como suas propriedades organolépticas, o que torna a pesquisa proposta necessária.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

São apresentados os Termos de apresentação obrigatória, incluindo o TCLE; a Folha de Rosto do Projeto contendo a assinatura da Diretora da FCF-USP, instituição proponente; Declaração de Anuência do Chefe de Departamento ao qual o projeto se vincula e declaração de participação dos pesquisadores.

Recomendações:

Sem recomendações.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Sem pendências ou inadequações.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este CEP entende que o projeto pode ser aprovado.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_729250.pdf	01/07/2016 14:40:58		Aceito
Brochura Pesquisa	cartacorrecãoCEP.pdf	01/07/2016 14:40:23	Suzana Caetano da Silva Lannes	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projetosensorialcorrigido.pdf	30/06/2016 17:04:54	Suzana Caetano da Silva Lannes	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de	TCLEcorrigido.pdf	30/06/2016 17:04:24	Suzana Caetano da Silva Lannes	Aceito

Endereço: Av. Prof. Lineu Prestes, 580, Bloco 13A, sala 112

Bairro: Butantã

CEP: 05.508-000

UF: SP

Município: SÃO PAULO

Telefone: (11)3091-3622

Fax: (11)3031-8986

E-mail: cepfcf@usp.br

**FACULDADE DE CIÊNCIAS
FARMACÊUTICAS DA
UNIVERSIDADE DE SÃO**

Continuação do Parecer: 1.624.379

Ausência	TCLEcorrigido.pdf	30/06/2016 17:04:24	Suzana Caetano da Silva Lannes	Aceito
Folha de Rosto	folhaderosto1.pdf	31/05/2016 11:06:15	Suzana Caetano da Silva Lannes	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projetosensorial.pdf	31/05/2016 10:21:57	Suzana Caetano da Silva Lannes	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	declaracaodepto.pdf	31/05/2016 10:20:24	Suzana Caetano da Silva Lannes	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE1compressed.pdf	31/05/2016 10:19:39	Suzana Caetano da Silva Lannes	Aceito
Declaração de Pesquisadores	DeclaracaoParticipacaoMeibel.pdf	31/05/2016 10:16:48	Suzana Caetano da Silva Lannes	Aceito
Declaração de Pesquisadores	declaracaoSuzana.pdf	31/05/2016 10:16:04	Suzana Caetano da Silva Lannes	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

SAO PAULO, 06 de Julho de 2016

Assinado por:
Mauricio Yonamine
(Coordenador)

Endereço: Av. Prof. Lineu Prestes, 580, Bloco 13A, sala 112
Bairro: Butantã **CEP:** 05.508-000
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)3091-3622 **Fax:** (11)3031-8986 **E-mail:** cepfcf@usp.br

ANEXO II - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE

Universidade de São Paulo
Faculdade de Ciências Farmacêuticas

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE

1. Informações do Participante da Pesquisa

Nome:		
Documento de Identidade (tipo):	Nº.:	Sexo: () M () F
Local de Nascimento:	Data de Nascimento:	
Endereço:	Nº.:	
Complementos:	Bairro:	
Cidade:	Estado:	
CEP:	Telefones:	

2. Informações do Responsável Legal

Nome:		
Documento de Identidade (tipo):	Nº.:	Sexo: () M () F
Local de Nascimento:	Data de Nascimento:	
Endereço:	Nº.:	
Complementos:	Bairro:	
Cidade:	Estado: SP	
CEP:	Telefones:

Universidade de São Paulo
Faculdade de Ciências Farmacêuticas

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE

3. Título do Projeto de Pesquisa

Propriedades reológicas da massa de pão francês adicionada de fibra alimentar e características sensoriais do produto após assamento

4. Duração da Pesquisa

2anos e 6 meses

5. Nome do Pesquisador Responsável

Dra Suzana Caetano da Silva Lannes

Cargo/ Função: Prof. Associado III

Nº de registro do Conselho Regional:

6. Instituição/Instituições

Departamento de Tecnologia Bioquímico-farmacêutica/ Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo

Somos pesquisadoras da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo. Estamos realizando uma pesquisa para conhecer e aprimorar nutricionalmente o pão francês. Serão servidas amostras com 30 g de pães, em prato plástico, à temperatura de 20 °C, preparados com até 12 h de antecedência, produzidos e acondicionadas de acordo com as Boas Práticas de Fabricação de Alimentos, no Departamento de Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo e/ou Laboratório de Panificação do SENAI-Barra Funda. O Sr. (a) receberá amostras de pães formulados contendo os seguintes ingredientes: farinha de trigo (matéria-prima estruturante e contém glúten), fermento biológico fresco (ingrediente fermenta a massa, contribui com a leveza e sabor do pão) , sal (confere sabor salgado), açúcar (contribui para a cor do pão), água (hidrata os ingredientes para formar a massa) e fibras solúveis e insolúveis (enriquecem nutricionalmente o pão, pois auxiliam no controle da glicemia, do colesterol e também na prevenção de doenças como câncer de cólon) . As análises serão realizadas sempre duas horas antes ou depois das refeições. Convidaremos pessoas que apreciem pão francês a experimentar três amostras dos produtos, identificadas por diferentes números, para avaliarem a textura (crocância), sabor, aroma, aspecto geral e intenção de compra de cada uma delas. As três

Universidade de São Paulo
Faculdade de Ciências Farmacêuticas

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE

amostras serão servidas de forma separada, uma por vez, e entre uma amostra e outra o Sr. (a) tomará um pouco de água e, se quiser poderá comer um biscoito água e sal. As avaliações são

rápidas e não levarão mais do que 10 minutos e com suas informações poderemos aprimorar a qualidade dos produtos que estamos desenvolvendo, bem como verificar a aceitação dos mesmos, conjugando as suas informações com as conseguidas em laboratório.

Os benefícios serão novas formulações e a melhoria das características nutricionais e de processo para que futuramente o consumidor tenha acesso a produtos diferenciados, com sabor agradável e com características benéficas à saúde.

Poderão participar da pesquisa homens e mulheres que gostem de comer pão francês (alunos e funcionários da Universidade), maiores de 18 anos, em bom estado de saúde e que não estejam fazendo nenhuma dieta especial, exceto indivíduos subordinados ou diretamente ligados ao pesquisador.

A pesquisa apresenta risco mínimo. Em caso de possíveis problemas alérgicos a algum dos componentes da formulação, como o glúten presente na farinha de trigo, estaremos à disposição para o devido amparo, utilizando para assistência médica o SUS (Sistema Único de Saúde), cujo encaminhamento se procederá através da pesquisadora responsável pelo projeto (orientadora).

A participação é voluntária e o Sr.(a) terá o direito de desistir a qualquer momento, com inteira liberdade de participar ou não da pesquisa, sem quaisquer represálias. O Sr.(a) será identificado por um número e todas e quaisquer opiniões e dados pessoais serão mantidos em sigilo. Em caso de dúvidas ou quaisquer outros problemas o Sr.(a) poderá interromper sua participação a qualquer momento.

Dessa forma, convido Sr.(a) a participar de nossa pesquisa e caso concorde, por gentileza, assine este documento.

Observações complementares:

Estamos à disposição para responder a quaisquer dúvidas quanto às informações sobre procedimentos, riscos e benefícios relacionados à pesquisa através dos contatos:

Profa.Dra. Suzana Caetano da Silva Lannes (Orientadora)

Av.Prof. Lineu Prestes, 580 bloco 16

Fone: 30913691

Universidade de São Paulo
Faculdade de Ciências Farmacêuticas

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE

Meibel Durigam Ferreira Pessanha (aluna de Mestrado)

Av.Prof.Lineu Prestes, 580 bloco 16

Fone: 3091 2689

Consentimento Pós-Esclarecido

Declaro que, após ter sido convenientemente esclarecido pelo pesquisador e ter entendido o que me foi explicado, consinto em participar do presente Protocolo de Pesquisa.

São Paulo, _____ de _____ de _____.

Assinatura do Participante de Pesquisa
ou do Responsável Legal

Assinatura do Pesquisador Responsável

Para qualquer questão, dúvida, esclarecimento ou reclamação sobre aspectos éticos relativos a este protocolo de pesquisa, favor entrar em contato com o **Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo**: Av. Prof. Lineu Prestes, 580, Bloco 13 A, Butantã, São Paulo, CEP 05508-000, Telefones 3091-3622 e 3091-3677, e-mail: cepfcf@usp.br.

ANEXO III - FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL DE PÃES

FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL DE PÃES COM ADIÇÃO DE FIBRAS

Nome: _____ Data: _____

1. Você está recebendo uma amostra de pão francês com adição de fibras. Por favor, prove e avalie amostra para cada atributo – sabor, aroma, textura e aspecto geral de acordo com as escalas abaixo.

SABOR

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

AROMA

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

TEXTURA (CROCÂNCIA)

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

ASPECTO GERAL

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

2. Indique na escala abaixo o grau de certeza que você estaria disposto a comprar se o encontrasse a venda.

(1) Certamente não compraria	(4) Provavelmente não compraria
(2) Provavelmente não compraria	(5) Certamente compraria
(3) Talvez comprasse, talvez não comprasse	

a. Justifique sua intenção de compra dizendo:

O que você mais gostou:

E que você menos gostou:

OBRIGADA POR SUA PARTICIPAÇÃO!

ANEXO IV – Especificações Técnicas da Fibra Insolúvel

CFF GMBH & Co. KG

Arnstädter Str. 2
D-98708 Gehren

Tel. +49 36783 8820
Fax +49 36783 882 252

Mail cff@cff.de
www.cff.de

Passionate about fibres

Product Information

QUALICEL®

Description

QUALICEL® is a cellulosic, water-insoluble fiber, which is obtained through a particularly gentle production of bamboo.

Nutritional properties

- insoluble fiber *

Technological properties

- colorless, odorless and tasteless
- inert to other substances
- temperature-resistant
- high water and oil binding

Application **

- very wide range of applications, especially in baked goods and meat industry
- technological advantage is in the foreground, the smallest quantities possible
- freshness, texture improvement, stabilization, filler
- as a fat substitute, on calories reduction or fiber enrichment

Declaration

The declaration is made as bamboo fiber independently from the total dietary fiber content of the final product. Technological advantages with very low amounts of fiber in low-fiber foods are also possible.

Types

Type	Ø Length	WBC / g	OBC / g
QUALICEL® 40	ca 50 µm	ca 3,3 g	ca 2,5 g
QUALICEL® 90	ca 80 µm	ca 4,0 g	ca 3,0g
QUALICEL® 150	ca 100 µm	ca 4,5 g	ca 3,2 g
QUALICEL® 200	ca 350 µm	ca 7,0 g	ca 4,9 g
QUALICEL® 300	> 350 µm	ca 7,3 g	ca 5,2 g
QUALICEL® 1000	ca 500 µm	ca 10,5 g	ca 7,3 g

* for detailed descriptions, see the background information of dietary fiber
 ** for detailed descriptions, see the application information of the individual product

The information in this publication has been determined under practical conditions and represent only basic information for individual research. It does not relieve the user from carrying out his own tests and trials on account of the abundance of possible influences when working with and using our products. For further information please contact our technical application department. No legally binding assurance of certain properties or of suitable for a specific use can be deduced from our information.

CFF GMBH & Co. KG

Passionate about fibres

Arnstädter Str. 2 Tel. +49 36783 8820
D-98708 Gehren Fax +49 36783 882 252

Mail cff@cff.de
www.cff.de

Technical Datasheet **QUALICEL® 90 / SANACEL® bamboo 90**

Product description:

QUALICEL® / SANACEL® bamboo dietary fibre is obtained from fibre-rich parts of the bamboo plant. The vegetable parts are cleaned, purified and milled in several steps. The final product appears as a white powder and is neutral in taste and odour.

Compendium standards:

Test	Value	Unit
Sensory characteristics		
Appearance	● fine fiber powder	
Colour	● white	
Odour	● neutral / without odour	
Taste	● neutral / without taste	
Standard analysis		
Fibre Content	● approx 96,0	%
Moisture	● less than. 7,0	%
Residue on ignition	● less than. 0,5	% i.d.s.
pH - value (in 10 % Suspension)	● 5,0 – 7,5	
Bulk density	● > 160	g / l
Water binding capacity	● approx 4,0	g water/ g
Oil absorption	● approx 3,0	g oil / g
Screen analysis		
bigger than 90 µm	● less than. 2,0	%
bigger than 32 µm	● less than. 60	%
Heavy metals as Pb	● less than. 10	ppm
Microbiological analysis		
Total plate count	● less than. 1000	CFU / g
Yeast and molds	● less than. 100	CFU / g

Additional information:

Labelling	• Bamboo fibre
Packaging	• 20 kg net
• Multi-layer paperbags with PE-liner
Shelf live	• 5 years at room temperature and under consideration of food law regulations

Besides this you should pay attention to the food law approval and labelling regulations of your country. The above mentioned technical data are based on extensive and careful analysis. Please consider them as reliable but non-committal. Should you require further application information, please contact our customer service

CFF GMBH & Co. KG

PASSIONATE ABOUT FIBRES

Arnstädter Str. 2
D-98708 Gehren

Tel. +49 36783 8820
Fax +49 36783 882 252

Mail cff@cff.de
www.cff.de

QUALICEL[®] TECHNICAL SPECIFICATION

Product	QUALICEL [®] 40	QUALICEL [®] 90	QUALICEL [®] 150	QUALICEL [®] 200	QUALICEL [®] 300	QUALICEL [®] 1000
appearance	white, fine powder	white fibrous powder	white fibre	white fibre	white fibre	white fibre
odour and taste	neutral	neutral	neutral	neutral	neutral	neutral
roughage content	> 96,5%	> 96,5%	> 96,5%	> 96,5%	> 96,5%	> 96,5%
water binding capacity	ca. 3,3 g water/g	ca. 4 g water/g	ca. 4,5 g water/g	ca. 7 g water/g	ca. 7,3 g water/g	ca. 10,5 g water/g
oil binding capacity	ca. 2,5 g oil/g	ca. 3 g oil/g	ca. 3,2 g oil/g	ca. 4,9 g oil/g	ca. 5,2 g oil/g	ca. 7,3 g oil/g
bulk density	260 - 330 g/l	>160 g/l	>160 g/l	>50 g/l	>50 g/l	> 40 g/l
Øfibre lenght	50µm	80 µm	100 µm	350 µm	>350 µm	500 µm
main applications	instant products, drinks, sauces, spice blends, anti caking agent meat injection	wafers, extrudates, bread, cakes and pastries, cheese products	meat products and sausages, poultry- and fish products bread, cakes and pastries	meat products and sausages, poultry- and fish products	meat products, meat balls	meat products

The information in this publication has been determined under practical conditions and represent only basic information for individual research. It does not relieve the user from carrying out his own tests and trials on account of the abundance of possible influences when working with and using our products. For further information please contact our technical application department. No legally binding assurance of certain properties or of suitability for a specific use can be deduced from our information.

ANEXO V – Especificações Técnicas da Fibra Solúvel

TARA GUM POWDER HV: SPECIFICATIONS

Appearance: Fine white powder, produced under GMP, it is Kosher approved and Non GMO.

Composition: Galactomannan (by difference) min 75%.

Concentration: The viscosity development increases exponentially with increasing concentration.

Method of Analysis: Galactomannans: Food Chemical Codex. Seventh Edition 2010. Guar Gum. Galactomannans. P460

Properties

Viscosity:

1% solution, Brookfield RV-DVII+ Spindle 4, 20 RPM, Temp. 25 C	:	High Viscosity >4,500 Cps
pH Value	:	> 4
Moisture	:	< 12 %
Ash	:	< 1.5%
Acid Insoluble matter	:	< 1.5%
Fat	:	< 1
Protein	:	< 4 (Factor N x 6.25) %
Starch Value	:	Not Detectable
Stability	:	Tara Gum is predominantly stable in media with pH>4.5
Density	:	0.5-0.8 g/ml
Dispersion grade	:	80% at 25 C, and 100% at 45C
Evaporation rate	:	Not volatile
Solubility	:	Relatively good cold water solubility, and insoluble in Ethanol.
Solution H2O at 1%	:	Viscosity development at 25C. 100% soluble at 45 °C Forming a translucent solution.

2255 Glades Rd Suite 324A Boca Raton, FL 33431
Phone: 818-705-9497 Fax: 818-705-8628 E-mail: info@exandal.com
www.exandal.com

Exandal Corp.

....Your Partner in Food Solutions

Odor	:	None
Taste	:	None

Particle Size

Through 250 micron	:	100%
Through 150 micron	:	100%
Through 100 micron	:	>90 %
Through 77 micron	:	>90 %

Heavy Metals

Heavy Metals (as Pb)	:	Not more than 20 ppm
Cadmium	:	Not more than 1 ppm
Mercury	:	Not more than 1 ppm
Lead	:	Not more than 5 ppm
Arsenic	:	Not more than 3 ppm

Microbiology Analysis

Aerobics Plate Count (cfu/g)	:	< 800
Moulds of count (cfu/g)	:	< 400
Yeast of count (cfu/g)	:	< 200
Escherichia coli (NMP/g)	:	< 3
Enterobacteriaceae enumeration/g	:	Negative
Salmonella / 25g	:	Negative

2255 Glades Rd Suite 324A Boca Raton, FL 33431

Phone: 818-705-9497 Fax: 818-705-8628 E-mail: info@exandal.com

www.exandal.com

ANEXO VI – Informações para os Membros de Banca Julgadoras de Mestrado/Doutorado

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Faculdade de Ciências Farmacêuticas
Secretaria de Pós-Graduação

Informações para os Membros de Bancas Julgadoras de Mestrado/Doutorado

1. O candidato fará uma apresentação oral do seu trabalho, com duração máxima de trinta minutos.

2. Os membros da banca farão a arguição oral. Cada examinador disporá, no máximo, de trinta minutos para arguir o candidato, exclusivamente sobre o tema do trabalho apresentado, e o candidato disporá de trinta minutos para sua resposta.

2.1 Com a devida anuência das partes (examinador e candidato), é facultada a arguição na forma de diálogo em até sessenta minutos por examinador.

3. A sessão de defesa será aberta ao público.

4. Terminada a arguição por todos os membros da banca, a mesma se reunirá reservadamente e expressará na ata (relatório de defesa) a aprovação ou reprovação do candidato, baseando-se no trabalho escrito e na arguição.

4.1 Caso algum membro da banca reprove o candidato, a Comissão Julgadora deverá emitir um parecer a ser escrito em campo exclusivamente indicado na ata.

4.2 Será considerado aprovado o aluno que obtiver aprovação por unanimidade ou pela maioria da banca.

5. Dúvidas poderão ser esclarecidas junto à Secretaria de Pós-Graduação: pgfarma@usp.br, (11) 3091 3621.

São Paulo, 23 de maio de 2014.

Prof. Dr. Adalberto Pessoa Junior
Presidente da CPG/FCF/USP

ANEXO VI – Ficha do Aluno

Janus - Sistema Administrativo da Pós-Graduação

Universidade de São Paulo
Faculdade de Ciências Farmacêuticas

Documento sem validade oficial

FICHA DO ALUNO

9133 - 5457829/2 - Meibel Durigam Ferreira Pessanha

Email: meibel@usp.br
 Data de Nascimento: 09/03/1974
 Cédula de Identidade: RG - 22.723.784-5 - SP
 Local de Nascimento: Estado de São Paulo
 Nacionalidade: Brasileira
 Graduação: Engenharia de Alimentos - Universidade Estadual de Campinas - São Paulo - Brasil - 2000

Curso: Mestrado
 Programa: Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica
 Área: Tecnologia de Alimentos
 Data de Matrícula: 11/02/2014
 Início da Contagem de Prazo: 11/02/2014
 Data Limite para o Depósito: 11/08/2016
 Orientador: Prof(a). Dr(a). Suzana Caetano da Silva Lannes - 11/02/2014 até o presente. Email: scslan@usp.br
 Proficiência em Línguas: Inglês, Aprovado em 11/02/2014
 Data de Aprovação no Exame de Qualificação: Aprovado em 07/04/2015
 Data do Depósito do Trabalho:
 Título do Trabalho:
 Data Máxima para Aprovação da Banca:
 Data de Aprovação da Banca:
 Data Máxima para Defesa:
 Data da Defesa:
 Resultado da Defesa:
 Histórico de Ocorrências: Primeira Matrícula em 11/02/2014

Aluno matriculado no Regimento da Pós-Graduação USP (Resolução nº 5473 em vigor de 18/09/2008 até 19/04/2013).

Última ocorrência: Matrícula de Acompanhamento em 18/07/2016

Impresso em: 05/08/2016 13:43:15

Janus - Sistema Administrativo da Pós-Graduação

Universidade de São Paulo
Faculdade de Ciências Farmacêuticas

Documento sem validade oficial

FICHA DO ALUNO

9133 - 5457829/2 - Meibel Durigam Ferreira Pessanha

Sigla	Nome da Disciplina	Início	Término	Carga Horária	Cred.	Freq.	Conc.	Exc.	Situação
FBT5723-6/2	Conservação de Alimentos por Processos Térmicos	07/05/2014	08/07/2014	90	6	100	A	N	Concluída
FBT5705-2/2	Tecnologia de Produtos Lácteos Funcionais	21/07/2014	31/08/2014	90	6	95	A	N	Concluída
FBT5733-5/7	Uso Industrial de Enzimas	02/02/2015	05/04/2015	90	6	100	A	N	Concluída
FBT5785-4/2	Tecnologia de Produtos com Alto Teor Lipídico	11/03/2015	14/04/2015	75	5	100	A	N	Concluída
FBT5738-1/2	Tópicos Especiais em Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica III	03/08/2015	19/10/2015	30	2	100	A	N	Concluída

	Créditos mínimos exigidos		Créditos obtidos
	Para exame de qualificação	Para depósito da dissertação	
Disciplinas:	0	25	25
Estágios:			
Total:	0	25	25

Créditos Atribuídos à Dissertação: 71

Conceito a partir de 02/01/1997:

A - Excelente, com direito a crédito; B - Bom, com direito a crédito; C - Regular, com direito a crédito; R - Reprovado; T - Transferência.

Um(1) crédito equivale a 15 horas de atividade programada.

Última ocorrência: Matrícula de Acompanhamento em 18/07/2016

Impresso em: 05/08/2016 13:43:15