UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA E PESQUISA DE ALIMENTOS

LAÍS BORGES GRAÇA

ELABORAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FARINHA DE TRIGO E PÃO FRANCÊS ENRIQUECIDOS COM COLÁGENO HIDROLISADO

SÃO CRISTÓVÃO / SE
2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA E PESQUISA DE ALIMENTOS

LAÍS BORGES GRAÇA

ELABORAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FARINHA DE TRIGO E PÃO FRANCÊS ENRIQUECIDOS COM COLÁGENO HIDROLISADO

.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Sergipe como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

São Cristóvão / SE

2020

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

Graça, Laís Borges
G729e Elaboração e caracterização de farinha de trigo e pão francês enriquecido com colágeno hidrolisado / Laís Borges Graça ; orientadora Alessandra de Almeida Castro. – São Cristóvão, SE, 2020.
67 f. : il.

Dissertação (mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Sergipe, 2020.

1. Alimentos funcionais. 2. Colágeno. 3. Pão. 4. Farinha de trigo I. Castro, Alessandra de Almeida, orient. II. Título.

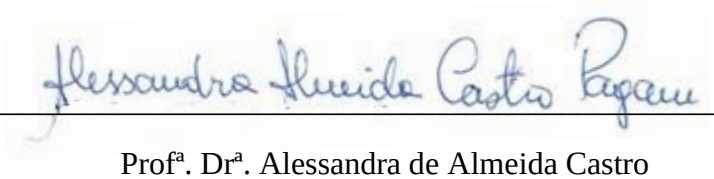
CDU 664:612.39

LAÍS BORGES GRAÇA

ELABORAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FARINHA DE TRIGO E PÃO FRANCÊS ENRIQUECIDOS COM COLÁGENO HIDROLISADO

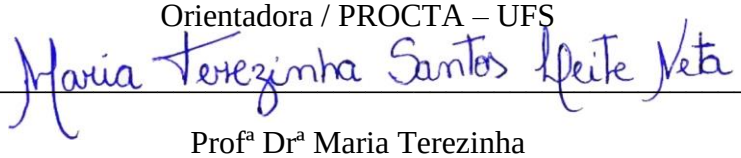
Dissertação de mestrado aprovada no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos em 30 de junho de 2020.

BANCA EXAMINADORA



Profª. Drª. Alessandra de Almeida Castro

Orientadora / PROCTA – UFS



Profª Drª Maria Terezinha

Examinador Interno – PROCTA/UFS

Prof. Dr. Álvaro Alberto de Araújo

Examinador Externo – UFS

São Cristóvão

2020

DEDICATÓRIA

Ao meu sogro Israel Graça (em memória) que tanto valorizava o estudo e a qualificação profissional.

AGRADECIMENTOS

A Deus o autor e mantenedor da vida. Louvo a Deus por me dar força e guiar meu caminho e também por proporcionar mais um momento de crescimento na minha vida.

Ao meu amado marido Vinícius Graça, que me apoiou desde o início. Obrigada pela compreensão, pelas palavras de encorajamento, pelas orações e por diversas vezes ter estudado junto comigo, te amo!

Aos meus pais Geremias e Creuza, grandes incentivadores dos meus estudos! Obrigada por me apoiar e cuidar tanto de mim! Aos meus irmãos, cunhada e sobrinhos, obrigada! À minha sogra Cristina, que é uma bênção em minha vida! Amo vocês.

À minha orientadora Alessandra Pagani, pessoa simples, humana e entusiasmada pelo que faz. Obrigada pelo seu apoio e incentivo, serei eternamente grata, muito obrigada!

Ao meu amigo e eterno tutor profissional, Gilmar Azevedo, que me incentivou e ajudou a concluir este trabalho, me liberando para as aulas e me incentivando a não parar de me capacitar. Sem o seu apoio eu não teria conseguido finalizar, muito obrigada! Agradeço também às minhas parceiras de trabalho, Emilly e Taciana pelo incentivo, apoio e compreensão. Obrigada por me ouvir e me ajudar a não desistir!

À minha amada igreja, SIBA-Segunda Igreja Batista de Aracaju, agradeço na pessoa do meu pastor Márcio Gama, que orou, compreendeu e me apoiou durante estes dois anos.

Por último e não menos importante, preciso agradecer muito às minhas amigas Geneluce e Ariadny, minhas companheiras que tanto me ajudaram. Com vocês eu chorei, sorri, e planejei desistir, mas nunca soltamos a mão uma da outra. Luce, você é guerreira, admiro demais sua força e determinação! Ariadny você é singular, incrível como estava sempre disposta para ajudar e compreender as nossas dificuldades. Meninas, amo vocês. Desejo todo sucesso do mundo, muito obrigada por tudo.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001

A todos que torceram e acreditaram em mim, muito obrigada!

Graça, L. B. Elaboração e caracterização de farinha de farinha de trigo e pão francês enriquecidos com colágeno hidrolisado [Dissertação]. São Cristóvão: Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Sergipe; 2020.

RESUMO

Alimentos funcionais são aqueles que possuem compostos ou nutrientes com capacidade de promover saúde e diminuir o risco de doenças quando consumidos. (ROBERFROID, 2000). O colágeno é um desses ingredientes que tem sido adicionado aos alimentos a fim de promover propriedades terapêuticas e funcionais. O colágeno na panificação é uma dentre várias possibilidades de uso que esta proteína pode ter, mas há poucos estudos dos efeitos da presença dela na panificação e na formulação de pão francês produzido com farinha de trigo. Neste contexto, objetivou-se estudar a viabilidade da utilização do colágeno hidrolisado em pão francês como opção de consumo do colágeno já que o pão francês é o tipo de pão de maior importância dentro das padarias brasileiras, pois seu consumo corresponde a 53% do total de pães no país (ABIP, 2011). As proporções usadas foram 0,75%, 1,5% e 3% e foram categorizados físico-quimicamente a farinha e os pães produzidos a partir delas. De acordo com os resultados físico-químicos das farinhas a adição de colágeno alterou os resultados de Falling number, glúten índice, granulometria, elevou a acidez graxa e teor de proteína em relação ao padrão. Foi possível observar nos pães que a adição do colágeno hidrolisado alterou a cor dos pães tornando casca e miolo mais escuros. Quanto à textura só foram observadas diferenças significativas na formulação com 3% de colágeno e para os atributos aderência e mastigabilidade, não havendo alteração significativa para os parâmetros dureza, coesão e elasticidade. E nos espectros de FTIR pode-se observar uma semelhança na estrutura em todas as concentrações em relação à amostra padrão, porém forneceu excelentes dados para explorar o efeito da adição do colageno nas formulações.

Palavras-chave: Alimentos funcionais. Colágeno hidrolisado. Pão francês.

Graça, L. B. Elaboration and characterization of wheat flour and French bread enriched with hydrolyzed collagen [Dissertação]. São Cristóvão: Program Postgraduate Food Science and Technology, Universidade Federal de Sergipe; 2020.

ABSTRACT

Functional foods are those that have compounds or nutrients with the ability to promote health and decrease the risk of disease when consumed (ROBERFROID, 2000). Collagen is one of those ingredients that has been added to foods in order to promote therapeutic and functional properties. Collagen in bread making is one of several possibilities of use that this protein can have, but there are few studies of the effects of its presence in bread making and even less in the formulation of French bread produced with wheat flour. In this context, the objective was to study the feasibility of using hydrolyzed collagen in French bread as a collagen consumption option since French bread is the most important type of bread within Brazilian bakeries, as its consumption corresponds to 53% of the total of bread in the country (ABIP, 2011). The proportions used were 0.75%, 1.5% and 3% and the flour and breads produced from them were physically and chemically categorized. According to the physicochemical results of the flours, the addition of collagen changed the results of Falling number, gluten index, granulometry, increased the fatty acidity and protein content in relation to the standard. It was possible to observe in the breads that the addition of hydrolyzed collagen changed the color of the breads making the skin and crumbs darker. As for texture, only significant differences were observed in the formulation with 3% collagen and for the adherence and chewability attributes, with no significant change for the parameters hardness, cohesion and elasticity. And in the FTIR spectra, a similarity in structure can be observed in all concentrations in relation to the standard sample, however it provided excellent data to explore the effect of the addition of collagen in the formulations.

Key-words: Functional food. Hydrolysed collagen. French bread.

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Caracterização Físico Química das farinhas formuladas.....pg. 47
Tabela 02: Resultado da análise de reologia das farinhas formuladas- Alveografia e farinografia..... pg. 50
Tabela 03: Parâmetros gerais dos pães formulados.....pg. 53
Tabela 04: Resultado da análise de textura das amostras de pão formuladas.....pg. 58

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Sequência de aminoácidos presentes na estrutura do colágeno.....pg. 20
Figura 2: Estrutura do colágeno: (a) forma de triplete presente nas matrizes colagênicas; (b) tropocolágeno; (c) hélice tripla.....pg.21
Figura 3: Microscopia da estrutura da fibra do colágeno.....pg. 21
Figura 4: Diagrama de fluxo de obtenção de fibra de colágeno, colágeno hidrolisado e colágeno parcialmente hidrolisado (gelatina).....pg. 22
Figura 5: Estrutura anatômica do grão de trigo.....pg. 25
Figura 6: Fluxograma de produção de farinha de trigo.....pg. 26
Figura 7: Colágeno hidrolisado em pó A.....pg.32
Figura 8: Pães modelados (antes da fermentação).....pg. 33
Figura 9: Medida do tamanho do pão no paquímetro.....pg. 34
Figura 10: Pão francês antes e depois do corte.....pg. 34
Figura 11: Fluxograma da produção de pão francês.....pg.36
Figura 12: Leitura de resultado do Colorímetro Minolta..... pg.38
Figura 13: Exemplo de Farinograma.....pg.40
Figura 14: Exemplo de Alveograma.....pg41
Figura 15: Alveogramas típicos para massas, pães e biscoitos/bolos.....pg. 41
Figura 16: Funcionamento do aparelho de Falling Number.....pg. 42
Figura 17: Lavagem do Glúten no equipamento Glutomatic..... pg. 44
Figura 18: Gráficos de reologia da amostra padrão: (a)Alveografia e (b)Farinografia.....pg. 51
Figura 19: Casca Padrão (zero colágeno).....pg. 56
Figura 20: Casca Formulação A (0,75% colágeno).....pg. 56
Figura 21: Casca Formulação B.....pg. 56
Figura 22: Miolo Formulação C.....pg. 56
Figura 23: Miolo do Padrão (zero colágeno).....pg. 57
Figura 24: Miolo Formulação A (0,75% colágeno).....pg.57
Figura 25: Miolo Formulação B (1,5% colágeno).....pg. 57

Figura 26: Pão Formulação C (3% colágeno).....pg. 57
Figura 27: Espetro de FTIR da formulação padrão.....pg. 60
Figura 28: Espetro de FTIR da formulação A (0,75%).....pg. 60
Figura 29: Espetro de FTIR da formulação A (1,5%).....pg. 61
Figura 30: Espetro de FTIR pães da formulação A (3%).....pg. 61

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Regulamento técnico de identidade de qualidade para classificação da farinha de trigo.....pg. 27

Quadro 2: Formulações dos pães desenvolvidos..... pg. 39

SUMÁRIO

RESUMO 22

ABSTRACT 23

LISTA DE TABELAS 24

LISTA DE FIGURAS 25

LISTA DE QUADROS 27

1. INTRODUÇÃO 16

2. OBJETIVOS 18

2.1 OBJETIVO GERAL 18

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 18

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 19

3.1-COLÁGENO 19

3.1.1 ESTRUTURA E COMPOSIÇÃO 20

3.1.2 PRODUÇÃO DO COLÁGENO 22

3.1.3 COLÁGENO HIDROLISADO 23

3.2-COLÁGENO NOS ALIMENTOS 23

3.2.1 COLÁGENO NA PANIFICAÇÃO 23

3.3 PRINCIPAIS INGREDIENTES NA FORMULAÇÃO DE PÃO FRANCÊS 26

3.3.1 FARINHA DE TRIGO 26

3.2.2.2 FERMENTO 27

3.2.2.3 SAL 28

3.2.2.4 ÁGUA 28

3.2.3 ETAPAS DA PRODUÇÃO DE PÃO 29

3.2.3.1 MISTURA 29

3.2.3.2 FERMENTAÇÃO 29

3.2.3.3 COCÇÃO 29

3.4-CONTROLE DE QUALIDADE 30

3.4.1 FARINHA DE TRIGO 30

UMIDADE 30

CINZAS (BASE SECA) 31

COR 31

GRANULOMETRIA 32

FARINOGRAFIA 33

ALVEOGRAFIA 33

FALLING NUMBER 35

ANÁLISE DE GLÚTEN 35

ACIDEZ GRAXA **36**
TEOR DE PROTEÍNA **36**
3.4.2 PÃO FRANCÊS **37**
TEXTURA **37**
VOLUME ESPECÍFICO **37**
FTIR-ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO POR TRANSFORMADA DE FOURIER **37**

4. MATERIAIS E MÉTODOS **38**

4.1 LOCAL DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA **38**
4.2 MATÉRIA PRIMA **38**
4.3 PROCESSO **39**
4.4- ANÁLISES REALIZADAS NAS FARINHAS **43**
4.4.1 UMIDADE (BASE SECA) **43**
4.4.2 CINZAS (BASE SECA) **43**
4.4.3 COR **43**
4.4.4 GRANULOMETRIA **43**
4.4.5 ANÁLISES REOLÓGICAS **43**
FARINOGRAFIA **43**
ALVEOGRAFIA **44**
FALLING NUMBER **44**
4.4.6 ANÁLISE DE GLÚTEN **45**
4.4.7 ACIDEZ GRAXA **45**
4.4.8 TEOR DE PROTEÍNA **45**
4.5 ANÁLISES DO PÃO **45**
4.5.1 TEXTURA **45**
4.5.2 VOLUME ESPECÍFICO **46**
4.5.3 FTIR- ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO POR TRANSFORMADA DE FOURIER **46**
4.5.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA **46**

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES **47**

5.1 ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DAS FORMULAÇÕES DE FARINHA **47**
5.2 ANÁLISE DE REOLOGIA DAS FARINHAS FORMULADAS **50**
5.3 ANÁLISE DOS PÃES **53**
5.3.1 SALTO DE FORNO E PERDA **54**
5.3.2 VOLUME GERAL E ESPECÍFICO **54**
5.3.3 COR **55**
5.3.4 TEXTURA **57**
5.3.5 FTIR **59**

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS/CONCLUSÃO 64

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 65

1. INTRODUÇÃO

O consumidor do século XXI é de uma maneira geral preocupado com a qualidade de vida e por isso desenvolveu um estilo de vida que inclui o consumo de produtos mais saudáveis, que melhorem as condições de saúde e que promovam bem estar. Desta forma a busca por alimentos funcionais é uma tendência do mercado alimentício desde o início do século XXI (HEASMAN & MELLENTIN, 2001) e tem se revelado um mercado extremamente dinâmico. Pesquisas recentes na indústria de alimentos confirmam a tendência mundial de que os alimentos funcionais estão cada vez mais populares e estão se tornando parte de nossa alimentação diária (Kaur & Singh, 2017).

Quanto ao consumo o mercado global deste tipo de alimento, pesquisas mostram que este mercado expandiu-se na última década e calcula-se que irá continuar a crescer podendo atingir faturamento de US $ 255,10 bilhões até 2024 (Grand View Research, Inc., 2016).

Podemos chamar de alimentos funcionais aqueles que possuem compostos ou nutrientes com capacidade de promover saúde e diminuir o risco de doenças quando consumidos. (ROBERFROID, 2000). A cada dia a oferta destes alimentos aumenta, podemos encontrar produtos lácteos, águas minerais, cereais e vários alimentos fortificados com vitaminas, minerais, e outros compostos que prometem ajudar na cura ou na prevenção de doenças cardiovasculares, problemas intestinais, câncer, alergias, Mal de Alzheimer, doenças ósseas, inflamatórias, entre outras.

O colágeno é um desses ingredientes que tem sido adicionado aos alimentos a fim de promover propriedades terapêuticas e funcionais. Esta proteína fibrosa encontrada em todo reino animal, como todas as proteínas está relacionada às funções estruturais no corpo humano e, portanto, seu consumo é essencial para nossa dieta diária. Bilek (2015) concluiu em seu trabalho de produção de bebida de suco de fruta contendo colágeno hidrolisado que uma ingestão diária de 5 a 10g de colágeno hidrolisado por 3 a 6 meses ajuda na saúde, e por esse e tantos outros trabalhos é que existe uma infinidade de produtos alimentícios formulados com peptídeos de colágeno.

O pão foi escolhido por ser um alimento mundialmente consumido, de valor energético elevado, e que possui constituintes nutricionais em quantidades significativas para nutrição. O

pão francês é o tipo de pão de maior importância dentro das padarias brasileiras, pois seu consumo corresponde a 53% do total de pães no país (ABIP, 2011).

O setor de panificação no Brasil ocupa uma importante posição na economia, sendo um dos seis maiores segmentos industriais do país (ITPC, 2016). Para os próximos anos os empresários do ramo apostam em um desenvolvimento promissor e vêm cada vez mais buscando melhorias no padrão de qualidade de seus produtos e inovação em seus processos produtivos.

A elaboração de inovação e produção de alimentos funcionais tem grande importância para a indústria, pois além de promover melhorias na qualidade da alimentação e nutrição da população, oferece para o mercado novos produtos e também novas versões dos já existentes no mercado. Diante disso, esta pesquisa visa elaborar e caracterizar formulações de farinha e pão francês adicionado de colágeno hidrolisado.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Elaborar formulações de farinha de trigo enriquecida com colágeno hidrolisado e seus respectivos pães e estudar a influência do colágeno hidrolisado industrial como aditivo nas farinhas e na panificação sobre o comportamento da massa de pão francês.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Formular amostras de farinha de trigo com adição de colágeno hidrolisado;
- Realizar a caracterização físico-química das formulações de farinha com colágeno;
- Realizar análise reológica das formulações de farinha com colágeno;
- Verificar a influência do colágeno nas análises de acidez graxa e proteína das farinhas formuladas;
- Elaborar os pães das formulações de farinha com colágeno;
- Realizar análise de textura, volume e volume específico dos pães produzidos;
- Comparar a influência do colágeno nos gráficos de FTIR dos pães formulados.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1-COLÁGENO

O colágeno é uma proteína longa e fribosa, abundante em mamíferos, sendo a proteína responsável por aproximadamente 30% da massa total do corpo humano. É encontrada nos tecidos fibrosos, como pele, vasos sanguíneos, tendões, cartilagens, dentes, músculos, córnea, ligamento e ossos (Hong 2019; PATINO et. Al., 2002).

Porém, com o passar dos anos de um indivíduo o organismo diminua a sua produção, sendo necessária a suplementação desta proteína na dieta. Por isso, observa-se um aumento no interesse de aplicar o colágeno industrialmente em produtos alimentícios (Silva 2012) e farmacêuticos já que uma das principais causas do envelhecimento é a perda do colágeno pelo organismo. A partir dos 30 anos é quando podemos perceber sinais como: músculos flácidos, diminuição da densidade dos ossos, e ligamentos e articulações dando sinais de perda da elasticidade e força motora. Estudos revelam que a partir desta idade o corpo passa a perder 1% da proteína ao ano (OLIVEIRA et al., 2010; RODRIGUES, 2009).

Mas o interesse em relação às propriedades do colágeno não se resume apenas à prevenção ao envelhecimento, mas também está refletido em diversos e recentes estudos que envolvem outras áreas do conhecimento que permite a compreensão da origem de doenças decorrentes da síntese defeituosa, excesso ou insuficiência da produção destas proteínas, associando-as a síndromes raras, má formações e fraturas ósseas, problemas de locomoção e de pele, escleroses múltiplas e até óbitos relacionados à ruptura de artérias e intestino (DUARTE, 2011).

Esta proteína possui característica de grande diversidade biológica que pode ser observada nas diferentes formas de ocorrência. Nos tendões as fibras se ocorrem de forma entrelaçadas, na córnea formam películas transparentes, nos ossos ocorrem como colágeno mineralizado e podem também atuar como lubrificantes de cartilagem (GONÇALVES et al., 2015).

Estudos clínicos comprovaram que a ingestão oral diária de 10g e que uma dieta enriquecida com colágeno hidrolisado diminuiu as dores nas articulações, reduziu sinais de

envelhecimento como rugas, melhorando as propriedades da pele, pode melhorar o metabolismo do colágeno ósseo, e prevenir a osteoporose (BILEK 2015).

3.1.1 ESTRUTURA E COMPOSIÇÃO

Sua molécula tem 1,5 nm de diâmetro e 300nm de comprimento (SIONKOWSKA, 2006), com massa molecular de 300.000 Da estabilizada por pontes de hidrogênio e por ligações intermoleculares formando um tropocolágeno que são três cadeias unidas por ligação de hidrogênio, denominadas α e que formam um hélice, conforme Figura 1.

O termo colágeno deriva de duas palavras gregas *Kolla* que significa cola e *Genno* que significa produção e literalmente tem sido empregado como matéria-prima na produção de cola animal. E em geral apresenta em sua composição 30% de glicina, 12% de prolina, 11% de alanina, 10% de hidroxiprolina, 1% de hidroxilisina e outros aminoácidos.

Segundo Wong (1995) a sequência de aminoácidos do colágeno mostra que a maior parte da cadeia polipeptídica está formada por 44 % (Gly-X-X), 20 % (Gly-XI), 27 % (Gly-I-X) e 9 % (Gly-I-I). Onde I é prolina ou hidroxiprolina e X é outro aminoácido que pode estar presente.

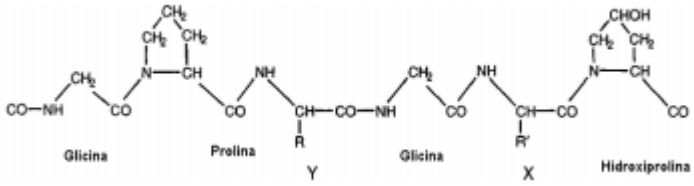


Figura 1 – Sequência de aminoácidos presentes na estrutura do colágeno.
FONTE: DEMAN (2009).

A sequência de aminoácidos no colágeno é em geral uma unidade tripeptídica Gli-XY são normalmente prolina e hidroxiprolina, sendo esta a principal responsável pela estabilização da molécula e ligação com a água (JBS colágeno).

A sequência de aminoácidos pode variar de acordo com a espécie dos animais, onde as principais fontes são a espécie humana (Homo sapiens), bovinos (Bos taurus), suínos (Sus scrofas domesticus), galinhas (Gallus gallus), tilápia (Oreochromis niloticus).

Em alimentos esta proteína pode apresentar propriedades emulsificantes, agentes espessantes, estabilizantes, formadores de películas, e agentes microencapsulantes (Silva 2012).

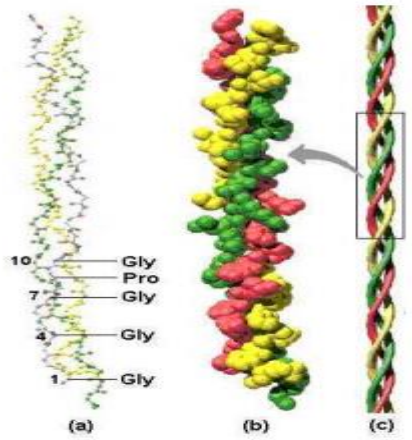


Figura 2: Estrutura do colágeno: (a) forma de triplete presente nas matrizes colagênicas; (b) tropocolágeno; (c) hélice tripla.
Fonte: SIONKOWSKA, 2006.

Além de facilidade de ligação com agua devido a sua capacidade de ligação através de seus grupos hidroxila com moléculas de hidrogênio, devido à sua estrutura molecular ela se liga facilmente à proteínas e gordura, conferindo melhorias tecnológicas quando adicionado em alimentos (JBS colágeno). Na figura 3 podemos notar os filamentos ou ramificações que são importantes pontos de ligação com água e que contribuem para a funcionalidade do colágeno.

Figura 3: Microscopia da estrutura da fibra do colágeno.
FONTE: JBS COLÁGENO
https://aditivosingredientes.com.br/upload_arquivos/201602/2016020237886001454343857.pdf

3.1.2 PRODUÇÃO DO COLÁGENO

A produção de colágeno se dá a partir do colágeno nativo, podendo ser obtido a partir deste, a fibra de colágeno, o colágeno parcialmente hidrolisado (gelatina) e o colágeno hidrolisado (Prestes 2012). Na figura 4 pode-se acompanhar o fluxograma da produção desta proteína tão importante. Cada um destes derivados possui características próprias que são consequências das matérias-primas processadas, e do tempo e temperatura de obtenção dos processos de extração que pode ser por processo químico ou enzimático. (PRESTES, 2013).

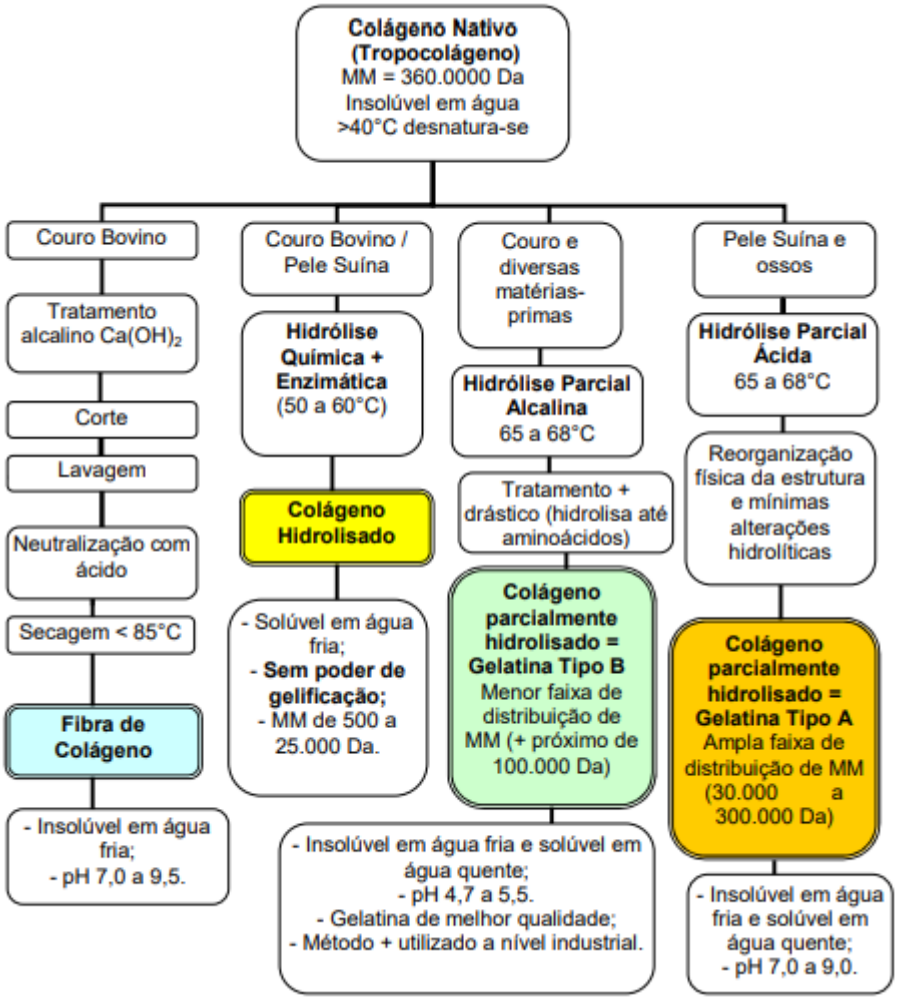


Figura 4 – Diagrama de fluxo de obtenção de fibra de colágeno, colágeno hidrolisado e colágeno parcialmente hidrolisado (gelatina).

FONTE: PRESTES 2011

3.1.3 COLÁGENO HIDROLISADO

O Colágeno hidrolisado é derivado do colágeno nativo e a diferença entre o hidrolisado e o nativo é que esta é solúvel em água ou em salmoura e apresenta um elevado conteúdo proteico (84 a 90 %) (FRANCISCHETTI, 2007). Uma característica muito importante do colágeno hidrolisado é a sua composição de aminoácidos, que fornece um alto nível dos aminoácidos essenciais, a glicina e a prolina, sendo estes necessários para a estabilidade e a regeneração das cartilagens.

3.2-COLÁGENO NOS ALIMENTOS

Sabem-se que em alimentos esta proteína pode apresentar propriedades emulsificantes, agentes espessantes, estabilizantes, formadores de películas, e agentes microencapsulantes (Silva 2012), ou seja, além dos benefícios à saúde, o colágeno pode conferir melhoras tecnológicas e funcionais. Moskowitz- 2000 utilizou colágeno hidrolisado de baixo peso molecular e afirma que este tipo de colágeno previne problemas de precipitação e turbidez em bebidas alimentícias. Bilek e Bayram (2015) formularam sucos contendo de 1 a 3% de colágeno hidrolisado e concluíram que esta substância pode ser usada no desenvolvimento de alimentos funcionais e em bebidas para melhorar propriedades nutricionais sem causar nenhum problema tecnológico devido à baixa viscosidade e alta solubilidade. Prestes (2012) afirma que por ter elevado teor proteico, capacidade de absorção de água e por ser uma proteína natural em mamíferos, à utilização do colágeno e seus derivados é uma alternativa interessante na indústria de carnes, e completa que até mesmo o uso de pequenas quantidades já é possível sentir melhoria nas características dos produtos cárneos, principalmente quanto à textura e capacidade de retenção de água.

3.2.1 COLÁGENO NA PANIFICAÇÃO

O colágeno na panificação é uma dentre várias possibilidades de uso que esta proteína pode ter, mas temos poucos estudos dos efeitos da presença dela na panificação e menos ainda na formulação de pão francês produzido com farinha de trigo. Identificamos poucos trabalhos

de colágeno em formulações de pão com ou sem glúten como MENEZES et al., 2014; GRAÇA et al., 2017.

O pão é um dos alimentos mais antigos do mundo possuindo uma longa história. Historiadores registram que ele era consumido na Mesopotâmia e no Egito há pelo menos 5000 anos, mas ainda é um alimento tradicional, sendo amplamente preparado e consumido de diversas formas e tipos e em todas as culturas do mundo. O consumo mundial médio é de aproximadamente 70 kg per capita por ano. O povo europeu consome em média 59 kg de pão por ano, países como Turquia e Bulgária apresentam os maiores consumos como uma média de 104 e 95 kg por ano.

A quantidade de pães consumidos pelo brasileiro é, em média, 26 kg ao ano. Existem grandes diferenças regionais, a população residente no sul do país chega a consumir aproximadamente 35 kg de pão, nas regiões Norte e no Nordeste a média é de 10 kg. (INMETRO, 2012).

O Consumo de pão no Brasil, segundo a Pesquisa de Orçamento Familiar realizada entre os anos de 2008/2009, consumo per capita anual de pão francês anual é de 13,87 kg, sendo o maior consumo nas regiões norte e nordeste, com 15,22 e 16,00 kg, respectivamente, seguida das regiões sudeste com 14,05kg, sul com 11,17kg e centro-oeste com 9,84kg. Comparado ao consumo de outros tipos de pães, é evidente que o pão francês é o mais consumido no Brasil, visto que, segundo a POF, o consumo anual per capita de pão de forma industrializado corresponde a 0,85kg e o de pão integral a 0,19kg (IBGE-POF, 2008-2009, p. 10-12).

De acordo com a Resolução da ANVISA nº 263, de 22 de setembro de 2005, norma que aprova regulamento para produtos de cereais, amido, farinhas e farelo- define-se pão como sendo o produto obtido 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.

Na produção de pão os ingredientes básicos são a farinha obtida do endosperma do grão de trigo (Triticum aestivum), conforme figura 4, a água, fermento biológico (Sacharomyces cerevisae) e sal. Algumas formulações de outros tipos de pão podem utilizar outros ingredientes que podem ser empregados como enriquecedores, por exemplo a gordura, açúcar, ovo, leite e até substâncias conhecidas na indústria de farinha como melhoradores que são os agentes oxidantes como ácido ascórbico e azodicarbonamida, mas a adição destes

ingredientes vai depender do tipo de pão desejado. Cada ingrediente possui uma função tecnológica específica e juntos todos trabalham em sinergia para que o pão fermente, cresça e obtenha as características específicas de cada tipo de pão.

Alimentos como o pão francês e biscoitos estão na lista de compras dos brasileiros, representando 12% do orçamento familiar para alimentação (GONÇALVES e MORO 2016). Mas para atender a demanda nacional de produção de produtos panificáveis o mercado brasileiro importa trigo do Canadá, Estados Unidos e da América do Sul, sendo cerca de 50% do volume de trigo consumo no país tem origem da Argentina.

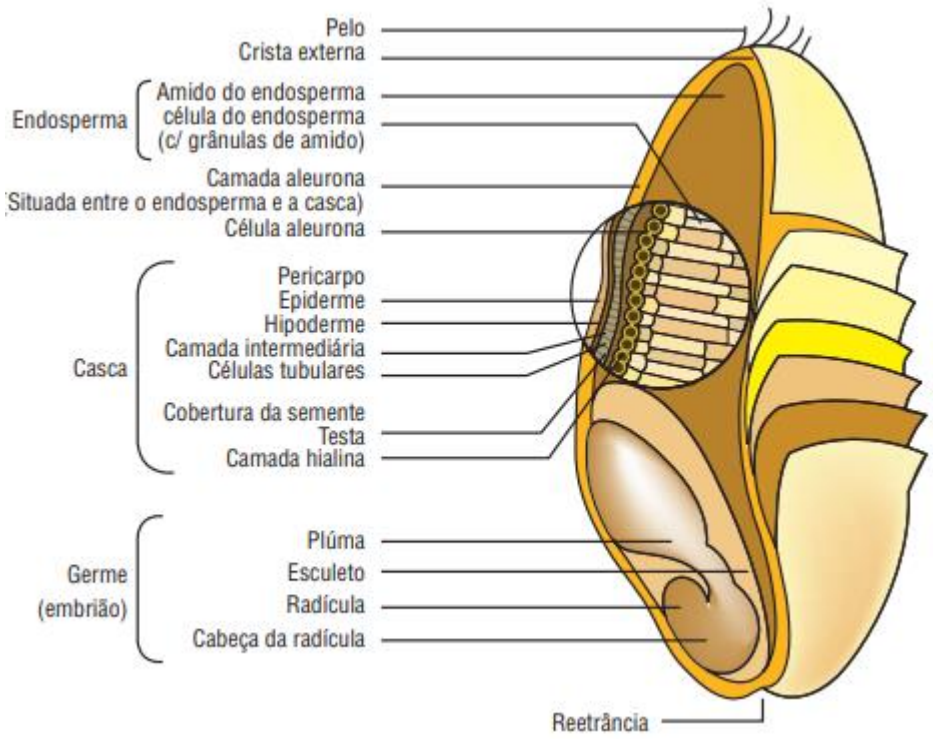


Figura 5: Estrutura anatômica do grão de trigo

Fonte: BRANDÃO E LIRA 2011.

3.3 PRINCIPAIS INGREDIENTES NA FORMULAÇÃO DE PÃO FRANCÊS

3.3.1 FARINHA DE TRIGO

É o ingrediente mais importante na panificação, por possuir proteínas formadoras de glúten que forma e mantém a estrutura celular da massa até a gelatinização do amido na etapa forno. A farinha de trigo para ser utilizada na panificação deve ter um perfil equilibrado entre elasticidade (capacidade que a massa possui em retornar à sua posição depois de ser esticada) e extensibilidade (propriedade da massa de ser alongada ou fácil de esticar). A farinha é produzida por processo físico da moagem de trigo cujo objetivo é separar a farinha obtida do endosperma do grão do farelo e do gérmen. O processo está representado na figura 6-Fluxograma do processo de produção de farinha de trigo.

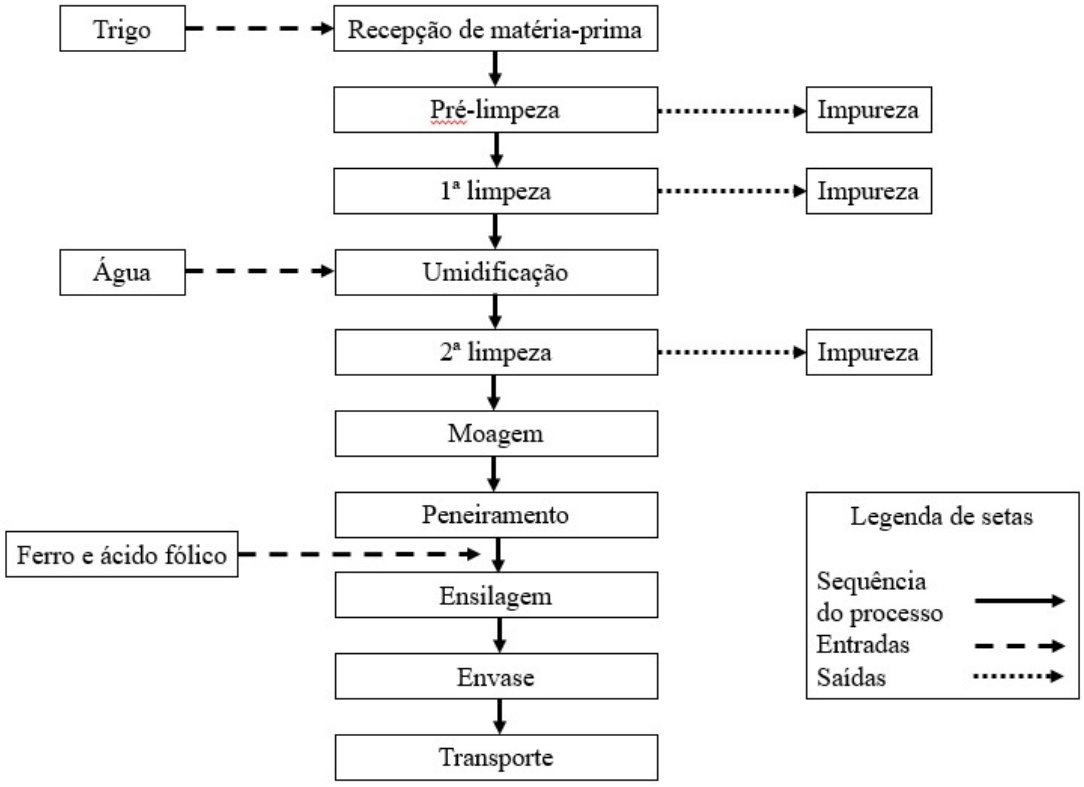


Figura 6: Fluxograma do processo de produção de farinha de trigo

FONTE: PRÓPRIO AUTOR

A farinha de trigo possui enzimas naturais como a alfa-amilase e beta-amilase as quais são responsáveis pelo rompimento das ligações glicosídicas do amido (hidrólise), ou seja, transformam açúcares complexos em açúcares simples. É comum as farinhas terem falta de enzimas alfa-amilase por motivos mais relacionados ao campo, e por esse motivo para facilitar o trabalho dos padeiros é comum os moinhos produzir farinhas compensadas com enzimas (SUAS, 2012).

A legislação brasileira através da Instrução Normativa (IN) nº 8 do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento-MAPA, conforme "Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade da Farinha de Trigo" (BRASIL, 2005) define os parâmetros mostrados no Quadro 1 para classificação das farinhas produzidas.

Limites de tolerância para a Farinha de Trigo.					
Tipos	Teor de Cinzas* (máximo)	Granulometria	Teor de Proteína* (mínimo)	Acidez Graxa (mg de KOH/100g do produto) (máximo)	Umidade (máximo)
Tipo 1	0,8%	95% do produto deve passar pela peneira com abertura de malha de 250 µm.	7,5%	100	15,0%
Tipo 2	1,4%	-	8,0%	-	-
Integral	2,5%	-	8,0%	100	-
* Os teores de cinzas e de proteína deverão ser expressos em base seca.					

Quadro 1: Regulamento técnico de identidade de qualidade para classificação da farinha de trigo.
FONTE: IN nº 8 do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento.

3.2.2.2 FERMENTO

A levedura que atua na fermentação da massa é a Saccharomyces cerevisiae, que consome os açúcares fermentescíveis disponíveis na massa e os transforma em álcool, gás carbônico e outros compostos orgânicos. Esta fermentação, denominada alcoólica, ocorre de forma ideal em condições de temperatura controlada a 32°C. A ação da levedura s e inicia a 7°C, podendo ocorrer a fermentação láctica (20°C) e a fermentação butíri ca (35°C). Por isso,

é necessário um rígido controle de temperatura, para que não se desenvolvam compostos 27 indesejáveis dentro da massa. O início precoce da fermentação (ainda na etapa de mistura) pode provocar uma estrutura de miolo heterogênea, com bolhas grandes, devidas à formação de dióxido de carbono. Para reduzir ao máximo esta formação, é necessário que a massa incorpore a maior quantidade de ar possível na etapa da mistura e que sua temperatura fique em torno de 25°C (SALAS-MELADO, 2003).

3.2.2.3 SAL

O sal tem é um ingrediente muito importante na produção de pão francês, pois melhora a cor do miolo e o sabor, contribui no fortalecimento do filme de glúten, dando mais força à farinha, e controlando a ação do fermento. Uma massa sem sal pode-se notar sinais como consumo rápido do fermento, esgotando os açúcares presentes e produzindo um pão de crosta muito clara.

3.2.2.4 ÁGUA

A água é essencial pra todo processo de fermentação ocorrer, ela permite a hidratação das proteínas do glúten, a gliadina e glutenina além de ativar as enzimas naturais e adicionadas da farinha. É durante a hidratação da massa que estas proteínas, apesar de estarem como componentes separados na farinha de trigo interagem junto ao trabalho mecânico empregado à massa para formar o glúten.

A água desempenha outras funções no pão, como controle da consistência e é importante, pois influencia diretamente no rendimento dos pães. Ela e pode influenciar na temperatura da massa, por isso é importante monitorar a temperatura da água utilizada na panificação. Quando é utilizada água gelada a massa tende a atingir com temperatura final mais controlada, pois o trabalho mecânico empregado para formação do glúten transfere calor para a massa podendo prejudicar a fermentação da massa. A temperatura ideal para criar um ambiente favorável para fermentação é entre 23° e 25ºC. Caso os fatores que podem afetar a temperatura final da massa não sejam controlados, a massa pode sair acima da temperatura desejada, o fermento vai crescer rapidamente e o final da fermentação ocorrerá antes de atingir o equilíbrio da textura e do sabor ideais (SUAS, 2012).

3.2.3 ETAPAS DA PRODUÇÃO DE PÃO

Pode-se dividir a panificação em três etapas, pois são as mais importante no fluxograma de produção. Quando estas etapas são executadas adequadamente o pão apresenta aparência, sabor e gosto agradável ao paladar.

3.2.3.1 MISTURA

Misturar os ingredientes é muito importante e envolve algumas etapas como pesar os ingredientes, monitorar a temperatura da água, da farinha e do ambiente, misturar, dividir, descansar, e moldar. Mas a fase que merece destaque nesta etapa é desenvolvimento do filme de glúten que será essencial para o desempenho dos pães.

3.2.3.2 FERMENTAÇÃO

SUAS (2012) considera que a fermentação é um processo onde ocorre um harmonioso equilíbrio entre as técnicas que o padeiro possui e uma reação que ocorre naturalmente. Esta maravilhosa transformação se dá quando tem-se dois ingredientes combinados: a farinha e a água que juntos com o sal, o fermento, o tempo e a temperatura ideal, pode-se equilibrar todos os elementos da fermentação.

No pão a fermentação ocorre quando os açúcares ou glicídios que estão presentes na farinha de trigo são convertidos em álcool e CO_2 pela ação da levedura Saccharomyces cerevisiae, sendo possível perceber que a reação está ocorrendo quando a massa cresce devido à produção de CO_2. O gás que é gerado durante a reação fica acumulado até atingir força suficiente pra romper a resistência da massa, então faz a estrutura ser alongada e por isso a massa cresce. Neste ponto entra o papel do glúten que forma uma película ou filme com função de manter a estrutura com o gás retido.

3.2.3.3 COCÇÃO

Depois de executadas as duas primeiras etapas, chega-se á etapa de assar os pães e esta fase merece controle, pois mudanças físicas e químicas estarão ocorrendo. Durante os

primeiro 4 minutos as enzimas e o fermento são estimulados pela alta temperatura, o que pode fazer aumentar o tamanho do pão rapidamente devido ao CO_2 que está sendo gerado neste momento. Esta etapa é conhecida como *over spring* (SUAS, 2012).

É no forno que o amido é gelatinizado formando o miolo do pão após o resfriamento e quando a crostra do pão chega à temperatura de 100°C ele perde a umidade e iniciasse o processo de formação da crocância característica do pão francês. Os açúcares residuais que não foram usados pelo fermento aos serem aquecidos sofrem uma transformação conhecida como reação de Maillard, conferindo uma colaração que pode variar de dourado à caramelo.

3.4-CONTROLE DE QUALIDADE

3.4.1 FARINHA DE TRIGO

Um grande desafio das indústrias produtoras de farinha de trigo é garantir e manter a qualidade de suas farinhas e assim dos produtos fabricados a partir dela. Por isso um controle de qualidade da farinha de trigo se torna fundamental antes da utilização desta na produção dos pães. As análises que as qualificam podem ser divididas em enzimáticas, reológicas e físico-quimicas (RASPER,1991).

UMIDADE

A umidade da farinha é um parâmetro importante no controle de qualidade, pois ela está diretamente relacionada à conservação do grão e da farinha de trigo podendo afetar diretamente o tempo de shelflife dos produtos.

A umidade é um parâmetro importante desde o campo, pois ela define o melhor momento para a colheita, o tempo e a temperatura adequada para ocorrer à secagem e o armazenamento do grão de trigo. Por legislação, no Brasil, umidade do grão máxima permitida é de 13% (BRASIL, 2001) e para farinha é este parâmetro pode ser expresso em base seca ou em base úmida (MANDARINO, 1993), e o limite máximo permitido é 15% (BRASIL, 2005). Os limites de umidade são importantes para conservação do trigo e da farinha de trigo e para a respectiva comercialização.

CINZAS (BASE SECA)

O teor de cinzas é uma das análises mais importantes no controle de Qualidade da farinhas de trigo, havendo uma relação entre o teor de cinzas da farinha produzida na moagem e a região do grão de onde se obtém a farinha (POSNER e HIBBS, 2005). Farinhas oriundas de regiões externas do grão apresentam maior teor de minerais, pois contém mais partículas da casca que é a parte rica em cinzas, e farinhas produzidas a partir da região do endosperma do grão tende a apresentar menor teor de cinzas.

COR

Esta análise consiste em avaliar a cor dos produtos, expresso em CIELAB (sistema utilizado para a avaliação de cor em alimentos) (BALHMANN et al, 2013) o colorímentro Minolta realiza as leituras das amostras por reflectância onde L* indica luminosidade, a* coordenada vermelho/verde e b*coordenada amarelo/azul.

Espectrofotômetros e Colorímetros medem a luz refletida dos objetos em cada comprimento de onda ou em faixas específicas. Ele então quantifica os dados espectrais para determinar as coordenadas. (KONICA MINOLTA).

As leituras da cor foram obtidas através do colorímetro Color Meter Minolta 200b que possui um sistema de representação de cor representados como L*, ***a**** e ***b**** em que o valor L* nos informa o quão claro e quão escuro é a amostra (0 corresponde ao preto ou escuro e o 100 corresponde ao branco ou claro). Os valores de (a*) correspondem à escala do verde ao vermelho, e o b* para Intensidade de amarelo a azul.

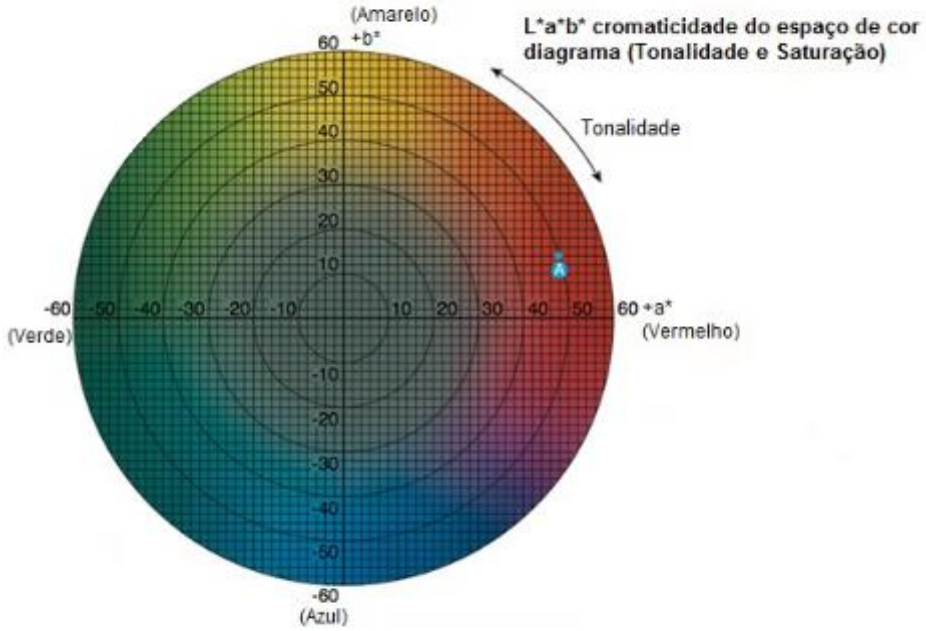


Figura 7: Leitura de resultado do Colorímetro Minolta.

FONTE: Konica Minolta 2018

https://sensing.konicaminolta.us/br/blog/entendendo-o-espaco-de-cor-lab/

O único valor considerado neste trabalho foi o valor de L do equipamento, que representa a claridade/cor branca das amostras.

GRANULOMETRIA

A análise granulométrica visa à quantificação da distribuição por tamanho das partículas individuais da farinha de trigo é determinada por meio de um processo físico de peneiramento num equipamento vibrador que contém conjunto de peneiras que se deseja determinar o tamanho das partículas Este parâmetro para farinha de trigo é determinado pela RDC nº 8, de 2 de junho de 2015 que estabelece que para uma farinha ser classificada como tipo 1 95% dela deve passar pela peneira com abertura de malha de 250 µm.

FARINOGRAFIA

Antes da utilização de uma farinha, faz-se necessário o conhecimento das propriedades reológicas da mesma, pois os seus resultados comportam previsões do comportamento dos diferentes tipos de farinhas durante o processo de panificação que se possa ter. e a farinografia é um tipo de análise reológica. Os parâmetros de qualidade mais importantes medidos pelo farinograma, equipamento que realiza a análise é a absorção de água que é a quantidade necessária a ser adicionada à farinha, de modo que esta adquira consistência padrão na linha de 500 unidades farinográficas. A absorção é expressa em percentual e é um parâmetro muito importante na panificação. A estabilidade é outra informação importante que fornece um indicativo da resistência que a massa possui ao trabalho mecânico.

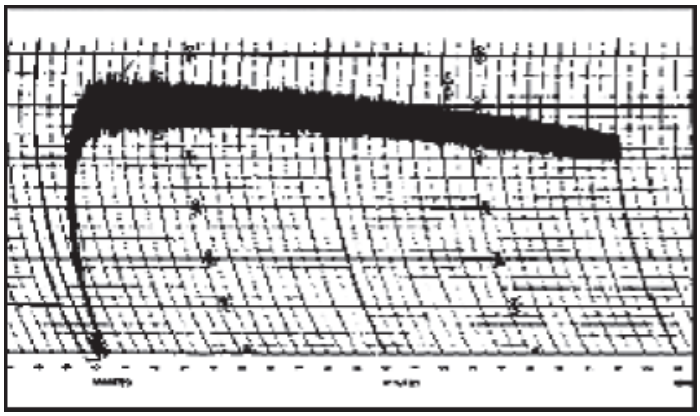


Figura 8: Exemplo de Farinograma.

FONTE: Site Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos – UFRGS
https://lume-re-demonstracao.ufrgs.br/avaliacao-qualidade/2a3.php

ALVEOGRAFIA

Este método de análise reológica consiste em preparar uma massa com farinha de trigo e solução de cloreto de sódio, considerando a absorção padrão de água de 56% e tendo todo o procedimento de mistura e preparo de massa padronizada. Com a massa é feito um pequeno disco de circunferência e espessura uniformes e, posteriormente, é inflada, sob pressão constante, uma quantidade de ar suficiente para a formação de uma bolha de massa, até sua

extensão total e ruptura. A pressão da bolha é medida com o auxílio de um manômetro registrador (presente no equipamento), onde é feita a leitura do teste.

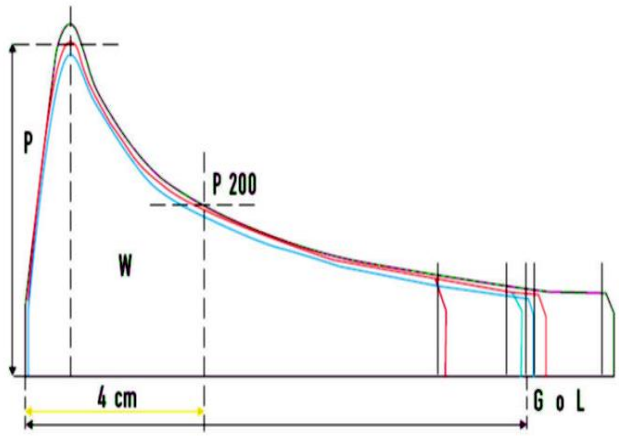


Figura 9: Exemplo de Alveograma

FONTE: Site Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos – UFRGS

https://lume-re-demonstracao.ufrgs.br/avaliacao-qualidade/1a.php

Os alveogramas típicos para panificação, massas e biscoitos/bolos estão apresentados na figura 15.

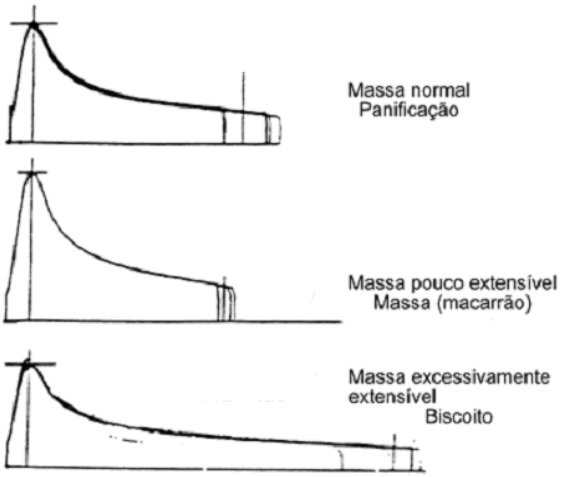


Figura 10: Alveogramas típicos para massas, pães e bioscoitos/bolos

FONTE: Site Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos - UFRGS https://lume-re-demonstracao.ufrgs.br/avaliacao-qualidade/1a.php

FALLING NUMBER

Esta análise é importante no controle de qualidade de farinha de trigo, pois determina a atividade da enzima alfa-amilase presente na amostra. Seu método consiste num viscosimétrico, onde o efeito da alfa-amilase é determinado em tempo, mais precisamente em segundos. A amostra de farinha é adicionada em tubo de ensaio específico com 10mL de água destilada e um bastão ou aste no tubo. O equipamento suspende a aste e liquefaz o amido por meio de um banho de água fervente

O efeito da enzima alfa-amilase começa com o processo de gelificação do amido (55-65°C) e acaba com a inativação da amilase de baixa termoestabilidade (perto de 80°C). O "Falling Number" retrata o potencial diastático das farinhas de trigo, através de correlações entre viscosidade do amido gelatinizado e a atividade da enzima alfa-amilase. Se o bastão cai rapidamente, a farinha tem alta atividade diastática, se o bastão cai lentamente a farinha possui baixa atividade diastática e o meio termo. Quanto menor o valor do "Falling Number", maior será atividade diastática ou o teor de amido danificado na amostra. É pois, um índice de sacarificação do amido, isto é, da conversão deste em açúcares diretamente fermentescíveis.

ANÁLISE DE GLÚTEN

A determinação do glúten úmido é realizada através da lavagem da amostra com solução de cloreto de sódio a 2%, pois as proteínas formadoras de glúten são insolúveis em solução salina e é um parâmetro importante no controle de qualidade dos moinhos.

O equipamento possui uma câmara de lavagem combinada com uma peneira de poliéster de 88 mícrons. Nesta câmara é adicionada a amostra de farinha e solução salina e inicialmente o equipamento realiza a mistura até formar uma massa. Após esta etapa uma haste de inox realiza o trabalho mecânico enquanto a solução vai "lavando" a mistura. A massa retida na peneira é centrifugada por um minuto a 6000 ± 5 rpm, após esta etapa é feito o cálculo do glúten úmido. O glúten seco é formado num chapa específica para esta finalidade também da Peten e após a secagem por 4 minutos este é pesado. A quantidade de glúten índice é calculada pela quantidade de glúten restante na peneira centrífuga em relação ao peso úmido do glúten é o Índice de Glúten, conforme figura 17.

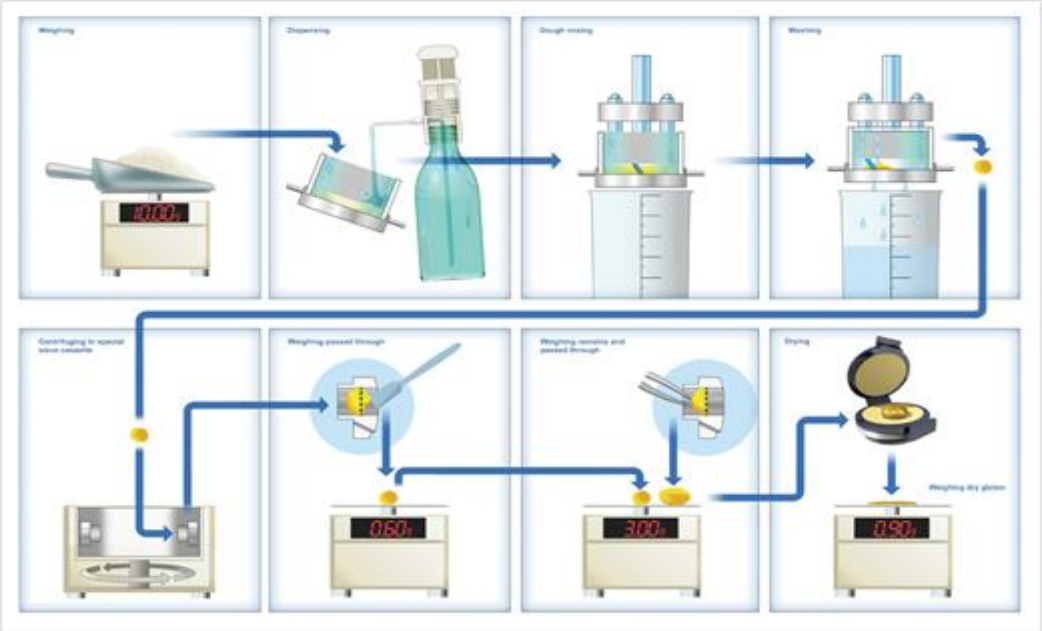


Figura 11: Lavagem do Glúten no equipamento Glutomatic

Fonte: Perten equipamentos

https://www.ffi.nz/product/glutomatic/

ACIDEZ GRAXA

A determinação da acidez indica o estado de conservação do produto. Esta análise é feita normalmente, em extrato aquoso ou extrato alcoólico da amostra, ou no extrato obtido com éster de petróleo (acidez da gordura). Caso haja deterioração da farinha durante a armazenagem, a acidez da gordura aumentará mais rapidamente que a acidez dos extratos aquoso ou alcoólico.

TEOR DE PROTEÍNA

A determinação da proteína foi realizada a fim de verificar-se o aumento deste atributo a medida que aumentamos gradualmente teor de colágeno na amostra de farinha.

3.4.2 PÃO FRANCÊS

TEXTURA

As análises foram realizadas nas amostras após o 1º dia da data da fabricação. As análises foram realizadas em triplicata utilizado o texturômetro Texture Pro CT v1.2 build 9 (Brookfield Engineering) conforme metodologia adaptada de Ziobro et al., (2013).

VOLUME ESPECÍFICO

O volume do pão é uma característica bastante avaliada pelos consumidores, pois é facilmente observado. A massa dos pães foi determinada em balança de precisão e expressa em gramas, sendo o volume total obtido pelo método de deslocamento de sementes (Método 10-05, AACC, 2001), desta forma, o volume específico é obtido pela divisão do volume do pão (cm^3) pela sua massa (g).

FTIR-ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO POR TRANSFORMADA DE FOURIER

Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) é uma técnica espectroscópica de absorção, a qual envolve transições moleculares de estados vibracionais ou rotacionais de baixa energia (4000 a 400 cm–1). O número e o tipo de transições que a molécula sofre estão relacionados com o número e o tipo de ligações que ela contém, desta forma as informações contidas em espectros deste tipo permitem a identificação de grupos funcionais.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 LOCAL DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

Este trabalho foi desenvolvido no Laboratório de análise Físico Química da empresa Moinhos de Trigo Indígena S.A-Motrisa situada na cidade de Aracaju- Sergipe e outras análises foram realizadas no laboratório de *Flavor* - Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTA), Universidade Federal de Sergipe (UFS), na cidade de São Cristóvão, Sergipe, Brasil.

4.2 MATÉRIA PRIMA

A matéria-prima utilizada para a fabricação dos pães foi farinha de trigo Sarandi Mais pães oriunda de trigo Argentino da safra de 2020 e do lote interno de código 4-Nordic Seoul obtida através de moagem industrial e o colágeno hidrolisado foi obtido em parceria com a empresa Nutramax S.A. fornecedora de ingredientes e aditivos.

Figura 12: Colágeno hidrolisado em pó fornecido pela empresa Nutramax S. A.

FONTE: PRÓPRIO AUTOR

4.3 PROCESSO

Para estes experimentos o pão francês foi produzido somente com farinha de trigo de origem argentina, sendo a referencia ou amostra padrão para parâmetros no pão tais como: abertura da pestana, crescimento da massa, volume, cor e o aspecto geral (aparência). As demais formulações foram produzidas substituindo-se a farinha de trigo (T. aestivum) por colágeno hidrolisado (M. Esculenta) nas seguintes proporções 0,75%, 1,5% e 3,0% conforme Quadro 1. Estes percentuais foram estabelecidos tendo como parâmetros estudos realizados por Menezes et al (2014) e Freitas et al (1997) e testes de performance anteriores foram testados proporções com até 30% de adição de colágeno. Desta forma as porcentagens foram escolhidas baseadas nas concentraçõe que melhor performaram nas análises reológicas aqui realizadas (farinografia e a alveografia).

Quadro 2: Formulações dos pães desenvolvidos

Ingredientes	**Formulações**			
	Amostra Padrão	**A**	**B**	**C**
Farinha de trigo (g)	2000	1985	1970	1940
Colágeno hidrolisado (g)	0	15	30	60
Água (mL)	1180	1180	1180	1180
Fermento biológico Fresco (g)	30	30	30	30
Sal (g)	40	40	40	40
Aditivo (g)	20	20	20	20

Inicialmente todos os ingredientes foram separados e pesados, sendo posteriormente adicionados na masseira (marca Gastromaq Lieme, modelo MS 25). Colocaram-se primeiramente os ingredientes secos e após um minuto de homogeneização a água padronizada a 5°C foi acrescentada aos poucos sendo misturada em velocidade lenta por 3 minutos, este mesmo tempo foi padronizado para todas as amostras. Em seguida a amostra foi batida na mesma masseira em velocidade alta para formação do filme de glúten por 4 minutos. Após esta etapa a massa ficou descansando por 10 minutos sendo posteriormente

dividida em 30 pedaços de aproximadamente 66 gramas (divisora da marca xxx). Cada pedaço foi para modeladora (Gastromaq Lieme, modelo C 400), e saiu em formato cilíndrico. Após a modelagem, os pães foram arrumados com 5 unidades em cada fileira das formas.

Figura 13: Pães modelados (Antes da fermentação)
FONTE: PRÓPRIO AUTOR

À medida que todos os pães iam sendo arrumado nas formas estas foram colocadas nos armários de fermentação que ocorreu em temperatura ambiente por aproximadamente 4horas de fermentação. Mas neste trabalho o parâmetro que determinou o final da fermentação para não foi o tempo, mas sim o tamanho dos pães medido em paquímetro. Quando os testes atingiram a largura de 7 cm de o pão recebeu o corte característico de pão francês conforme Figura 9 e foi assado a 190°C por 12 minutos em forno tipo turbo.

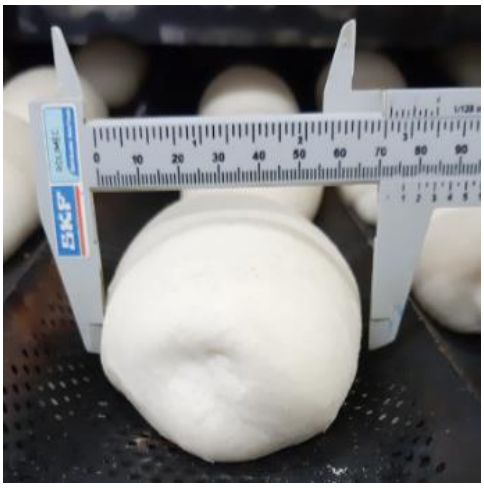


Figura 14: Medida do tamanho do pão no paquímetro.

FONTE: PRÓPRIO AUTOR

Figura 15: Pão francês antes e depois do corte.

FONTE: PRÓPRIO AUTOR

Ao término desse processo, elaborou-se um fluxograma (Figura 11) com as etapas de produção do pão francês.

Figura 16: Fluxograma da produção de pão francês

FONTE: PRÓPRIO AUTOR

4.4- ANÁLISES REALIZADAS NAS FARINHAS

4.4.1 UMIDADE (BASE SECA)

Determinou-se a umidade (em percentual) das farinhas e do pão pela perda do peso original das amostras por gravimetria durante 1 hora em estufa de temperatura constante a 130°C (AACC International Method 44-15.02).

4.4.2 CINZAS (BASE SECA)

Determinou-se a quantidade de resíduo mineral em percentual com base na perda de peso da amostra seguindo o método ICC International Method 104/1-Determinação do resíduo mineral fixo ou resíduo mineral por gravimetria.

4.4.3 COR

A análise de cor foi realizada de acordo com método nº 14-22 da AACC (1995) através do equipamento Minolta, modelo CR-410.

4.4.4 GRANULOMETRIA

A Análise de granulometria foi realizada de acordo com o método 965.22 AOAC.

4.4.5 ANÁLISES REOLÓGICAS

FARINOGRAFIA

A análise de Farinografia foi realizada de acordo com o método nº 54-21 da AACC, através do equipamento Farinógrafo Brabender. As análises de farinografia foram realizadas com massas elaboradas, utilizando as farinhas obtidas a partir das diferentes formulações com colágeno e da amostra padrão.

ALVEOGRAFIA

A análise de Alveografia foi realizada de acordo com o método AACC International Method 54-30.02 - Determinação das características reológicas pela Alveografia/ Alveógrafo Chopin®).

FALLING NUMBER

A análise de Falling Number foi determinada de acordo com o método nº 56- 81 B da AACC (1995), através do Falling Number, modelo FN 1900, da marca Perten Instruments conforme metodologia do próprio fabricante mostrada na figura 16.

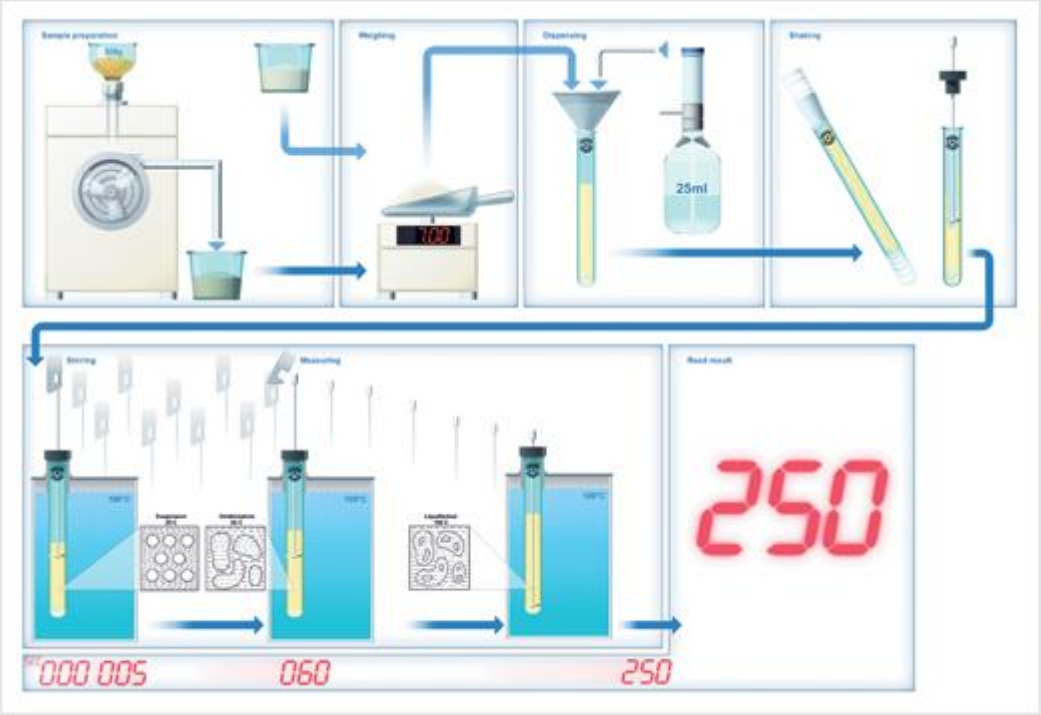


Figura 17: Funcionamento do aparelho de Falling Number.

FONTE: Perten equipamentos

https://www.ffi.nz/product/falling-number/

4.4.6 ANÁLISE DE GLÚTEN

A análise de glúten foi realizada de acordo com o método AACC International Method 38-12.02 - Determinação do teor de glúten através do Sistema Glutomatic Perten®.

4.4.7 ACIDEZ GRAXA

A determinação da acidez indica o estado de conservação do produto. Esta análise é feita normalmente, em extrato aquoso ou extrato alcoólico da amostra, ou no extrato obtido com éster de petróleo (acidez da gordura). Caso haja deterioração da farinha durante a armazenagem, a acidez da gordura aumentará mais rapidamente que a acidez dos extratos aquoso ou alcoólico.

4.4.8 TEOR DE PROTEÍNA

A determinação da proteína foi realizada a fim de verificar-se o aumento deste atributo a medida que aumentamos gradualmente teor de colágeno na amostra de farinha.

4.5 ANÁLISES DO PÃO

4.5.1 TEXTURA

As análises foram realizadas nas amostras após o 1º dia da data da fabricação. As análises foram realizadas em triplicata utilizado o texturômetro Texture Pro CT v1.2 build 9 (Brookfield Engineering) conforme metodologia adaptada de Ziobro et al., (2013).

4.5.2 VOLUME ESPECÍFICO

O volume do pão é uma característica bastante avaliada pelos consumidores, pois é facilmente observado. A massa dos pães foi determinada em balança de precisão e expressa em gramas, sendo o volume total obtido pelo método de deslocamento de sementes (Método 10-05, AACC, 2001), desta forma, o volume específico é obtido pela divisão do volume do pão (cm^3) pela sua massa (g).

4.5.3 FTIR- ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO POR TRANSFORMADA DE FOURIER

Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) é uma técnica espectroscópica de absorção, a qual envolve transições moleculares de estados vibracionais ou rotacionais de baixa energia (4000 a 400 cm–1). O número e o tipo de transições que a molécula sofre estão relacionados com o número e o tipo de ligações que ela contém, desta forma as informações contidas em espectros deste tipo permitem a identificação de grupos funcionais.

4.5.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados das análises foram obtidos em triplicata e expressos como médias, sendo avaliada por meio da análise de variância utilizando-se do software de estatística SISVAR, versão 5.6, Build 86. O teste de Tukey, a 5% de probabilidade, foi aplicado para detecção de diferenças de médias entre as três formulações e a amostra padrão das farinhas para detecção de diferenças entre as médias entre os produtos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DAS FORMULAÇÕES DE FARINHA

Para o atributo umidade pode-se observar na tabela 1 uma variação entre 11,93 a 12,49%, sendo que a adição do colágeno reduziu os valores de umidade das farinhas formuladas em relação ao padrão, não sendo percebida diferença da formulação com 0,75%, mas apenas a partir da adição de 1,5%, resultado diferente de Menezes (2014) que só identificou diferença significativa a partir da formulação com 3% de colágeno em de pão de forma. Para uma farinha de trigo ser comercializada como Tipo 1, os atributos umidade, teor de cinzas, teor de proteína, acidez graxa e granulometria em peneira 250µm ou #60 são determinados pela Instrução Normativa (IN) nº. 08, de 02 de Junho de 2005, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA-BRASIL, 2005) com limites demonstrados no quadro 1. Baseado nesta normativa, pôde-se considerar as três formulações adicionadas de colágeno hidrolisado ainda como farinha tipo 1, pois mesmo com a adição da proteína as formulações se adequam ao padrão legal.

Tabela 01. Caracterização Físico Química das farinhas formuladas.

Análises	**Formulações**			
	Padrão	**A**	**B**	**C**
Umidade (%)	12,49±0,04a	12,49±0,06a	12,16±0,04b	11,93±0,03c
Cinzas (%)	0,72±0,02a	0,63±0,01b	0,66±0,02b	0,71±0,02a
Falling number (s)	282±3c	331±5b	345±5a	342±2a,b
Cor L	91,99±0,02b	92,07±0,02a	92,04±0,01a,b	92,01±0,03a,b
Cor a	-0,39±0,01c	-0,44±0,01a,b	-0,46±0,02a	-0,42±0,01b
Cor b	11,31±0,02b	11,49±0,02a	11,47±0,01a	11,32±0,02b
Glúten úmido (%)	25,4±0,06a	24,2±0,15b	25,2±0,25a	25,3±0,38a

Glúten índice (%)	99,23±0,02b	99,18±0,01b	99,59±0,02a	99,62±0,03a
Granulometria #60 (%)	1,28±0,03a	0,80±0,06c	1,11±0,02b	0,78±0,06c
Granulometria #170(%)	58,91±0,02d	59,69±0,09c	62,66±0,30a	60,55±0,43b
Granulometria #200(%)	28,63±0,03a	27,65±0,19b	26,56±0,49c	23,35±0,05d
Granulometria Fundo (%)	10,50±0,26b	11,12±0,12b	8,95±0,15c	15,13±0,26a
Teor de proteína (%)	12,74±0,06c	12,26±0,05d	13,13±0,08b	14,17±0,05a
Acidez graxa(mg de KOH/100g)	29,03±0,04c	24,13±0,27d	42,14±0,12b	43,43±0,05a

* Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Padrão: Farinha Padrão, A, B, C= Farinha com 0,75% , 1,5% e 3% de colágeno respectivamente.

O teor de cinzas não foi significativamente alterado com a adição da proteína, sendo encontrados valores entre 6,3 e 0,71%, valor este considerado igual ao padrão que foi de 0,72% de residual mineral. Outro atributo que não foi percebido alteração que merecesse destaque foi o glúten úmido. Os valores para este atributo nas formulações de 1,5 e 3% foram semelhantes ao padrão e a formulação com 0,75% teve uma variação para menos que pode ser variação esperada do método devido à farinha utilizada na determinação, já que as proteínas do colágeno não são formadoras de glúten, era esperado que não houvesse aumento, nem diminuição dos valores. O glúten índice teve aumento significativo a partir da formulação com 1,5%, sendo alto também na formulação com 3% quando comparado ao padrão, onde foi observado valores de 99,59 e 99,62 respectivamente.

O FN-Falling number, que avalia o efeito ou a atividade da alfa-amilase, bem como fornece informações sobre as propriedades viscoelásticas do amido gelatinizado de uma amostra de farinha durante o aquecimento, teve aumento do seu valor à medida que cresceu a porcentagem de colágeno. Observou-se que as formulações A, B e C divergiram estatisticamente da amostra padrão. Como o resultado do FN é dado em segundos e o método consiste na A alfa-amilase liquefazer o amido gelificado, de acordo com a atividade que possui, entende-se que a haste suspensa levou mais tempo para tocar o fundo do tubo de ensaio nas formulações com colágeno que na farinha padrão. O FN avalia a presença de alfa

amilase na amostra, e quanto mais presente estiver esta enzima, mais rápido será o processo de transformação de açúcares complexos ou glicídios em açúcares simples durante o processo de fermentação. Poderíamos desta forma, entender que nas amostras formuladas com colágeno devido ao FN ter aumentado, teríamos menos alfa amilase, logo seria necessário mais tempo para ocorrer a fermentação, ou seria necessário corrigir com esta enzima para facilitar o trabalho do padeiro e manter a fermentação mais padronizada (SUAS, 2012), porém na prática da padaria experimental, para estas concentrações não foi evidenciado dificuldades na fermentação dos pães com colágeno em relação ao padrão. Todas as formulações atingiram o tamanho de 7 cm para entrar no forno com o mesmo tempo de fermentação, 4 horas.

O aumento dos resultados de FN foi percebido não porque as formulações A, B e C tivessem menos enzima determinada no método, mas devido ao efeito do colágeno perante tratamentos térmicos. Santana et al. (2012) ao estudar as propriedades emulsificantes das fibras de colágeno por aquecimento entre 50 a 85°C mostrou que esta proteína após aquecimento apresentou mais alto índice de cremosidade. Desta forma, mesmo o colágeno não possuindo a caraterística de formar géis, como a gelatina, por exemplo, este peptídeo possui várias propriedades funcionais como emulsificante e aglutinante (FOOD INGREDIENTES BRASIL-2014) e estas características podem ter influenciado para o aumento significativo nas formulações com colágeno.

Em relação à cor das farinhas formuladas é possível observar na tabela 1 que não houve diferença significativa para L* (luminosidade) e b* para Intensidade de amarelo a azul, mas em relação à a* houve variação entre 0,39 para o padrão e 0,42-0,46 para as formulações de farinha com colágeno com diferença significativa ($p<0,05$).

Quanto ao teor de proteína houve aumento significativo para as formulações com 1,5 e com 3% de colágeno, nas formulações B e C, apresentando valores 13,13 e 14,17% respectivamente, em relação à formulação padrão que foi de 12,74%. Este aumento era esperado já que estamos adicionando proteínas às formulações, mas a amostra A apresentou valor menor 12,26% que o padrão sendo a menor porcentagem proteica das amostras da tabela 1. Menezes et al. (2014) observou o aumento do teor proteicos das farinhas no estudo de adição de colágeno em formulação de pão de forma, obtendo o resultado de 14,93% para sua maior formulação com 4,5% da proteína adicionada neste estudo.

Borges et al. (2011) em seu trabalho de caracterização físico-química e sensorial de pão de sal enriquecido com farinha integral de linhaça observou que a substituição de 15% de

farinha de trigo por farinha integral de linhaça aumentou ($p<0,05$) o teor de proteína total dos pães de 13,57% na amostra controle para 14,19%. Borges ressalta que este aumento pode ser interessante sob o aspecto nutricional, mas pode não ser tão interessante quanto aos aspectos tecnológicos, pois já que o teor de proteína aumentou, e isto deveria ser bom tecnologicamente na produção dos pães, porém pode ser tornar indesejável já que estas proteínas adicionadas à formulação não são formadoras de glúten. Portanto, este aumento proteico pode enfraquecer a estrutura da massa, e reduzir características como a elasticidade.

Foi analisada a acidez graxa (mg de KOH/100g) para a amostra controle sem adição de colágeno hidrolisado e para as amostras A, B e C onde foi possível observar crescimento gradativo a medida que o colágeno ficou mais concentrado na formulação, partindo de 29,03% na amostra controle para 43,43% na amostra com 3% de colágeno. O controle da acidez é importante, pois indica o estado de conservação da amostra avaliada, sendo a expressão convencional dos ácidos, principalmente os graxos livres. Caso ocorra deterioração da farinha durante seu shelflife poderá ser observado o aumento da acidez da gordura mais rapidamente (ICTA-UFRGS) o que pode deteriorar os produtos com maior facilidade.

5.2 ANÁLISE DE REOLOGIA DAS FARINHAS FORMULADAS

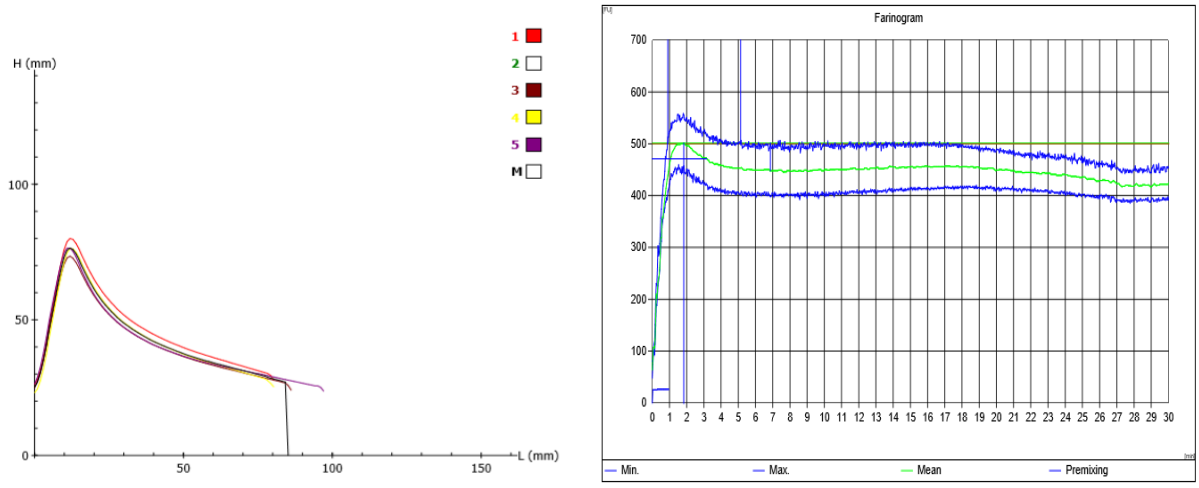
Neitzel (2006) em seu trabalho sobre a Influência da formulação no congelamento de massa de bolo e na qualidade do produto final comenta que as análises reológicas estudam o comportamento das massas frente a um trabalho mecânico. Os parâmetros reológicos obtidos através da alveografia e farinografia das massas obtidas para as formulações com colágeno deste trabalho estão apresentados na tabela acima. Os resultados de reologias das formulações farinha estão mostrados na Tabela 2.

Tabela 02. Resultado da análise de reologia das farinhas formuladas- Alveografia e farinografia.

Análise de Reologia	**Formulações**			
	Padrão	**A**	**B**	**C**
P-Tenacidade (mmH_2O)	85±2a	77±11a,b	70±9b,c	60±4c
L-Extensibilidade (mm)	83±3a	53±7b	49±9b	39±5b

W-Força (10E-4J)	235±5a	169±8b	137±2b,c	104±4c
P/L	1,02±0,06a	2,11±0,88a	1,61±0,17a	1,69±0,19a
Absorção (%)	56,6±0,0a	54,3±0,1b	52,7±0,1c	50,7±0,0d
Estabilidade (min)	13,8±0,1a	11,4±0,4b	11,9±0,5b	13,8±0,5a

Uma farinha de trigo considerada ideal para panificação é uma farinha equilibrada. Os valores para P (característica de elasticidade) e L (característica de extensibilidade) devem ter um equilíbrio onde a relação P/L seja mais ou menos igual a 1, deve apresentar ainda um conteúdo mínimo de proteína de 12%, um W real entre 220 e 300 x 10^{-4}J. A farinha sem colágeno, ou farinha padrão apresenta exatamente este perfil, mas podemos observar que a adição da proteína estudada alterou completamente a reologia das massas das formulações A, B e C.



(a) (b)

Figura 18: Gráficos de reologia da amostra padrão: (a) Alveografia e (b) Farinografia.

Fonte: Próprio autor

A presença do colágeno nas formulações fez cair significativamente. Observou-se para P (tenacidade ou elasticidade) que a partir da formulação B houve diferença significativa em relação ao padrão. Em relação à L, as três formulações diferiram do padrão, não apresentando diferença significativa entre elas. Quanto à absorção, atributo muito importante na indústria de moagem, por que ela está diretamente relacionada ao rendimento que o panificador pode

ter, considerando que quanto maior a absorção da farinha mais água o padeiro conseguirá adicionar à massa, produzindo assim mais pães com a mesma quantidade de farinha, foi evidenciado diferença significativa à medida que adicionamos colágeno. A porcentagem de absorção que era de 56,6% foi reduzida a 50,7% na formulação C com 3% de proteína hidrolisada. Menezes et al (2014) obteve resultado semelhante em seu trabalho quando houve redução de 58,4% até 48,5% em formulação com 4,5% de colágeno. Desta forma, uma farinha adicionada de colágeno hidrolisado necessita de menos água para ser hidratada. Neste trabalho foram adicionados 59% de água em todas as formulações, porém a prática da panificação confirma o resultado da farinografia onde foi possível observar massa pegajosa a partir da formulação B.

Roccia et al. (2008) ao estudar a Influência da proteína de soja nas propriedades reológicas e na capacidade de retenção de água do glúten de trigo concluíram que a substituição da proteína do trigo pela proteína da soja afetou negativamente as propriedades reológicas devido ao enfraquecimento do filme de glúten. A interação entre a gliadina e a glutenina foi enfraquecida devido à interferência das proteínas da soja em sua estrutura e da menor disponibilidade de água para a constituição da rede de glúten. Sales e Vitti (1987), em estudo preliminar sobre as propriedades tecnológicas de panificação da farinha mista de trigo e amaranto, também associaram os baixos valores de absorção de água na formulação de amaranto à provável diminuição nos valores de glúten úmido.

A estabilidade de uma massa é reconhecida como um parâmetro indicador de maior resistência ao amassamento e também da qualidade tecnológica. Os valores de estabilidade de massas dependem, em grande parte, do número de ligações cruzadas entre as moléculas de proteínas presentes no glúten, e da força das ligações. Neste trabalho a amostra padrão apresentou estabilidade 13,8 minutos quanto que A, B e C apresentaram 11,4, 11,9 e 13,8 respectivamente, não sendo observada coerência nestes resultados, visto que em A e B os valores foram significativamente iguais, mas diferentes do padrão e em C, a estabilidade voltou a ser igual à estabilidade do padrão. Este resultado para estabilidade difere do encontrado por Menezes et al.(2014) que identificou crescimento da estabilidade com elevação do teor de colágeno.

Compreender as características reológicas da farinha é de fundamental na elaboração de novos produtos, já que em aplicações na panificação, as propriedades reológicas das massas afetam a capacidade de manuseio da massa quanto interfere no processo de panificação

(Hoseney & Smewing, 1999) e podem, portanto afetar as características finais do pão (Ronda, Pérez-Quirce e Villanueva, 2017) e enfim a aceitação do produto pelos clientes.

5.3 ANÁLISE DOS PÃES

Na tabela 03 estão evidenciados os resultados das análises que foram submetidas os pães referente a cada formulação proposta, onde pode-se observar os resultados de umidade, cinzas, medida do pão após cocção, volume, volume específico e cor da casca e miolo.

Tabela 03. Parâmetros gerais dos pães formulados.

Análise dos Pães	**Formulações**			
	Padrão	A	B	C
Umidade (%)	23,48±0,29a	22,32±0,36a	26,00±6,34a	23,43±0,40a
Cinzas (%)	1,12±0,03b	1,13±0,02b	1,18±0,02b	1,25±0,02a
Medida do pão pós-cocção (cm)	8,83±0,42a	8,77±0,15a	8,70±0,44a	9,07±0,25a
Volume (cm^3)	10,16±0,14a	10,67±0,14a	10,50±0,25a	10,67±0,14a
Volume específico cm^3/g	0,197±0,014a	0,200±0,009a	0,202±0,006a	0,200±0,009a
Cor da casca (%)	63,64±0,04a	57,84±0,14b	54,25±0,04c	49,74±0,01d
Cor do miolo (%)	81,37±0,02a	80,87±0,06b	80,52±0,03c	77,48±0,02d

* Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Padrão: Pão Padrão, A, B, C= Pão com 0,75%, 1,5% e 3% de colágeno na formulação respectivamente.

Foi percebido que para os parâmetros umidade e teor de cinzas dos pães não houve diferença que merecesse destaque, já que para o intervalo de confiança proposto a diferença não foi considerada significativa.

5.3.1 SALTO DE FORNO E PERDA

Para a determinação de perdas que ocorrem nos pães durante a cocção, calculou-se a diferença do tamanho de entrada no forno como tamanho de saída após 1 hora do final da cocção. Ambas as medidas foram realizadas com paquímetro e todos os pães foram ao forno com sete cm de largura conforme mostrado na figura 12. Para a diferença entre o tamanho antes e depois da etapa forno não foram evidenciadas diferenças significativas dentro do intervalo de confiança proposto.

5.3.2 VOLUME GERAL E ESPECÍFICO

A massa dos pães foi determinada em balança de precisão e expressa em gramas, sendo o volume total obtido pelo método de deslocamento de sementes (Método 10-05, AACC, 2001) e o volume específico pela divisão do volume do pão (cm^3) pela sua massa (g). Os resultados de volume (cm^3) e de volume específico (cm^3/g) estão expressos na tabela 3 podendo-se notar que houve aumento nos volumes e volumes específicos dos pães com colágeno, porém não foi um aumento significativo que merecesse destaque.

Figueira et al. (2011) em seu trabalho de pão sem glúten enriquecido com a microalga Spirulina platensis estudou o aumento do conteúdo proteico dos pães elaborados com farinha de arroz, observando que a adição da alga até 4%, à formulação, não causou diferença significativa no volume dos pães. Para Esteller e Lannes (2005) no trabalho onde definiram parâmetros de identidade e qualidade de produtos panificados obtiveram volume específico para pão francês igual 4,63 mL/g, resultado maior do observado neste trabalho, porém não está clara a formulação dos pães, visto que as análises foram realizadas em pães comprados no mercado local da cidade de São Paulo de fornecedores e marcas não que não foram explicitadas.

O volume do pão é uma característica importante, seja por pessoas leigas ou ligadas à panificação, pois é facilmente observado, tanto a nível experimental, como nos pontos de venda nas padarias. O volume é uma característica bastante valorizada por consumidores de classe C ou D quando os pães ainda são comprados por unidade e não no kg do produto.

De acordo com os autores Mezaize et al. (2009) e Moore et al. (2006) há uma forte correlação positiva entre o volume específico e a firmeza dos pães. Isto pode ser explicado

por haver uma maior compactação de células de gás existente nos pães com menor volume específico, que causa aumento na resistência à deformação destes pães, resultando, assim, em maior firmeza do miolo. Foi possível observar que a medida com foi adicionado colágeno à formulação tanto o volume quanto a dureza aumentou, porém para a porcentagem estudada só percebemos diferença na dureza das formulações de 1,5%.

5.3.3 COR

Os resultados par análise de cor da casca e do miolo estão apresentados ainda na Tabela 03. Em relação à cor dos pães (foi considerado apenas L*), mostrados na tabela 3 é possível observar que o aumento gradual da proteína diminuiu os resultados obtidos no colorímetro para a casca e para o miolo dos pães, ou seja, os pães ficaram mais escuros. Em relação e este parâmetro, a formulação padrão entregou um pão francês com casca e miolo mais claro que as formulações com proteína. Enquanto o pão padrão apresentou luminosidade 63,64, os pães A, B e C variaram entre 57,84 a 49,74. MENEZES et al. (2014) obteve resultados divergentes ao analisar o efeito do colágeno hidrolisado em pães tipo forma. Neste estudo os pães de forma A, B e C formulados com 1,5, 3,0 e 4,5% de proteína obtiveram valores para L semelhantes e com diferença não significativa em relação ao padrão. Valores de L mais altos indicam maior reflectância da luz traduzindo-se em pães com coloração clara, pobres em açúcares, ou presença de farinhas e amidos na crosta.

No trabalho de Ziobro et al. (2013) onde foi estudado a suplementação de pão sem glúten com proteínas e o feito nas propriedades reológicas da massa e nas características do pão, foi percebido que as proteínas estudadas modificaram a cor dos pães. Para L^{*}, apenas a presença de proteína de soja não afetou significativamente seu valor, mas com a adição de proteína de ervilha, colágeno e tremoço foram caracterizadas por uma cor mais escura, confirmando o observado neste trabalho. Mesmo Ziobro (2013 e Purlis 2011) concordando que a cor é um fator importante para a aceitação ou rejeição do pão pelo consumidor, Ziobro et al. (2013) observou que ao comparar os resultados obtidos para cor com a avaliação sensorial, que as amostras com proteína de colágeno e ervilha foram ligeiramente mais aceitáveis que o controle, mesmo sendo mais escuras (valores menores de L^{*}) e mais amareladas (maior b^{*}).

A cor que conhecemos de produto cozido ou assado é o resultado de reações bioquímicas que se iniciam quando a temperatura é maior que 100°C. No caso dos pães o escurecimento é o resultado de reações químicas não enzimáticas como as reações de Maillard e de caramelização de açúcares que produzem compostos com pigmentos que são acumulados durante este processo dinâmico que é o cozimento. Wally (2008) em seu trabalho de propriedades físico-químicas e nutricionais de farinhas mistas de trigo, arroz e soja para elaboração de pães, cita que a adição de farinha de soja desengordurada promoveu a intensificação da cor da casca do pão, característica justificada pela grande quantidade de proteína adicionada, proteínas estas, que reagem com o açúcar provocando uma reação de escurecimento.

As figuras 19 a 22 mostram o aspecto e cor da casca dos pães e as figuras de 23 a 26 mostram o aspecto e cor do miolo das amostras testadas.

Figura 19: Casca Padrão (zero colágeno).

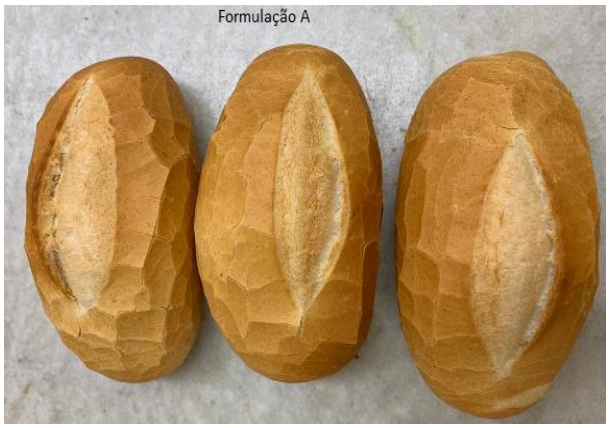


Figura 20: Casca Formulação A (0,75% colágeno)

Figura 21: Casca Formulação B (1,5% colágeno)

Figura 22: Miolo Formulação C (3% colágeno)

Figura 23: Miolo do Padrão (zero colágeno).

Figura 24: Miolo Formulação A (0,75% colágeno)

Figura 25: Miolo Formulação B (1,5% colágeno)

Figura 26: Pão Formulação C (3% colágeno).

5.3.4 TEXTURA

O resultado da análise de textura foi obtido em triplicata e expressos como médias e foi avaliado por meio da análise de variância utilizando-se do software de estatística SISVAR, versão 5.6, Build 86. O teste de Tukey, a 5% de probabilidade, foi aplicado para detecção de diferenças de médias entre as 3 formulações e a amostra padrão dos pães para detecção de diferenças entre as médias entre os produtos.

Tabela 04. Resultado da análise de textura das amostras de pão formuladas.

Análise de Textura	**Formulações**			
	Padrão	**A**	**B**	**C**
Dureza no ciclo 1(N)	6,29±0,24b	7,13±0,44a,b	8,54±0,61a	7,32±0,59a,b
Aderência (mJ)	1,37±1,27b	1,97±1,15b	0,87±0,96b	9,83±3,78a
Dureza no ciclo 2(N)	5,76±0,15b	6,47±0,33a,b	7,34±0,44a	6,45±0,63a,b
Coesão	0,67±0,02a	0,61±0,09a	0,59±0,02a	0,54±0,11a
Elasticidade (mm)	27,78±0,92a	28,09±0,33a	27,43±0,55a	27,78±2,00a
Mastigabilidade (mJ)	117,27±4,23 a	122,83±13,85a	132,07±11,38a	104,47±36,26b

* Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Padrão: Pão Padrão, A, B, C= Pão com 0,75%, 1,5% e 3% de colágeno na formulação respectivamente.

A dureza ou firmeza dos pães está relacionada com a força que é aplicada para ocasionar uma deformação ou rompimento da amostra, avaliada por equipamentos (ESTELLER, AMARAL e LANNES, 2004) e correlacionada com a mordida humana durante a ingestão dos alimentos.

O colágeno hidrolisado elevou o valor da dureza (N) tanto no ciclo 1 quanto no ciclo 2 nas três concentrações, porém as diferenças não foram significativas entre as três formulações. Apenas a amostra B com 8,54N diferiu da amostra padrão com 6,29N, este resultado demonstra que o pão das formulações com colágeno são mais rígidos ou menos macios que o pão controle. Menezes et al. (2014) obteve valor diferente para dureza do pão padrão em seu trabalho que foi de 10,50N e as amostras de pão de forma adicionada de colágeno hidrolisado se mostraram mais macias que o controle.

Borges et al. (2011) sem eu trabalho de caracterização físico química e sensorial de pão de sal enriquecido com farinha de linhaça aponta que a análise de firmeza demonstrou valor significativamente menor para o pão Controle (1,40 N) em relação aos pães com linhaça 10% (7,32 N) e 15% (6,12 N). A firmeza e crocância de pães de sal são as mais evidentes características de textura observadas pelos consumidores, influenciando grandemente a aceitabilidade do produto.

Graça et. al enquanto pesquisava sobre a adição de colágeno em pão (em pó e em fibra) sem glúten elaborado com farinha de arroz obteve valores cuja menor firmeza do miolo foi observada no pão padrão (153,98gf), enquanto que o pão com 8% de colágeno em pó apresentou a maior firmeza (1.143,13gf). Observou ainda que nos pães com 4%, para ambos os tipos de colágeno, e com 6% de colágeno em fibra não diferiram do padrão.

Para o atributo aderência e para a mastigabilidade só foram observadas diferenças significativas na formulação com 3% de colágeno (formulação C). Não houve alteração significativa para os parâmetros Coesão e elasticidade.

A coesividade de produtos derivados de trigo está relacionada principalmente às interações moleculares dos componentes, principalmente pontes de hidrogênio, dissulfeto e (Esteller e Lannes, 2005).

A força máxima de produtos panificados depende da formulação de cada pão(a qualidade da farinha, a quantidade de açúcares, gorduras, emulsificantes, enzimas e mesmo a adição de glúten vital e até melhoradores de farinha), umidade da massa e conservação (tempo de fabricação do produto e embalagem) (Esteller e Lannes, 2005). Em seu trabalho, estes autores comentam que a análise dos resultados de textura aponta para valores baixos de firmeza (ou maior maciez) para o miolo dos pães francês, de forma, cachorro quente e hambúrguer (mesma massa) e ciabatta.

5.3.5 FTIR

Os espectros de FTIR para as amostras padrão e as formulações com colágeno estão demonstradas nas figuras 27, 28, 29 e 30.

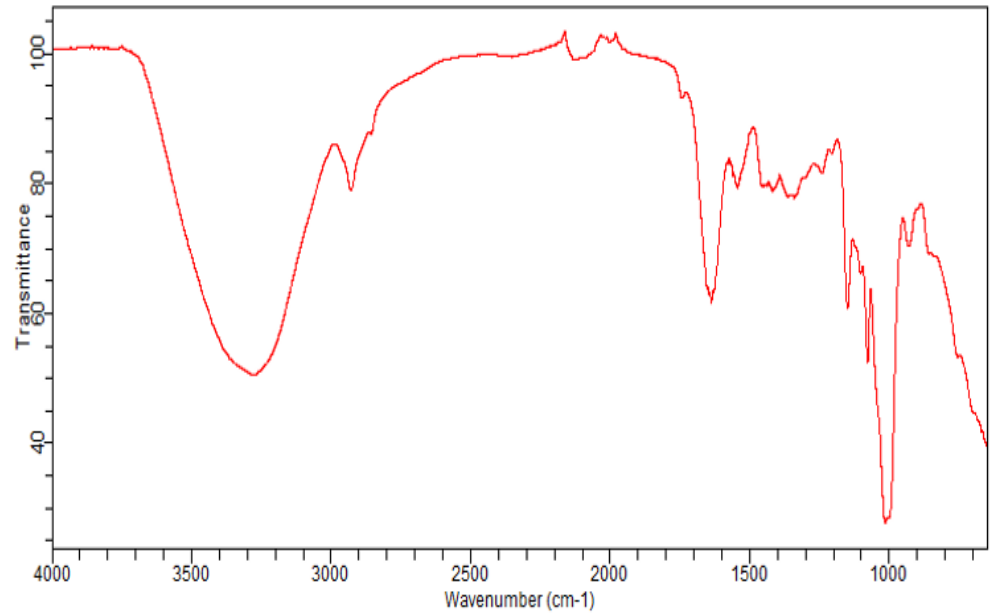


Figura 27: Espetro de FTIR da formulação padrão.

FONTE: PRÓPRIO AUTOR

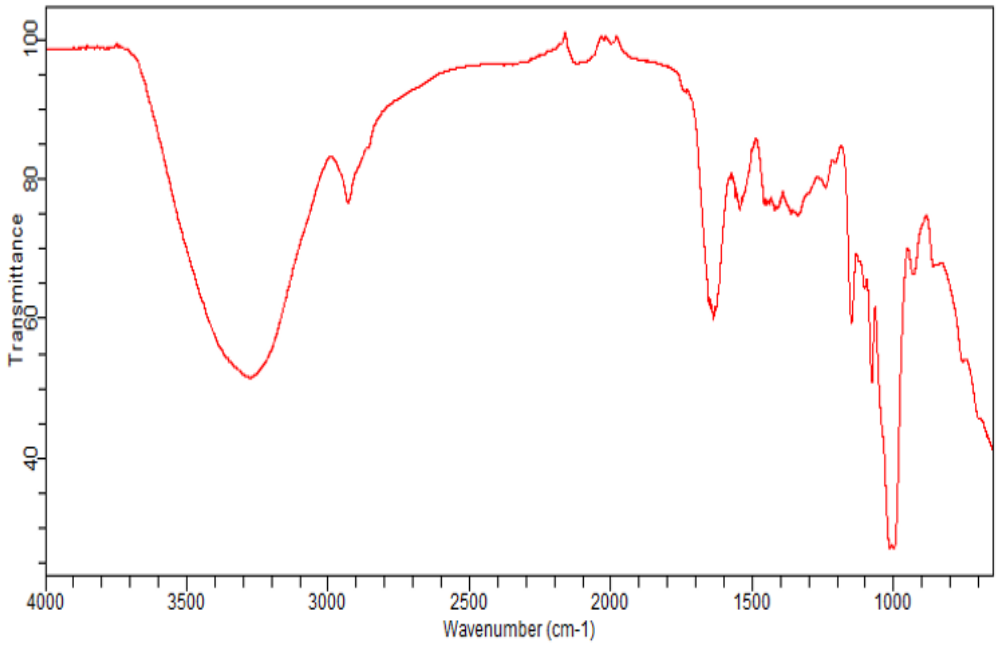


Figura 28: Espetro de FTIR da formulação A (0,75%).

FONTE: FONTE: PRÓPRIO AUTOR

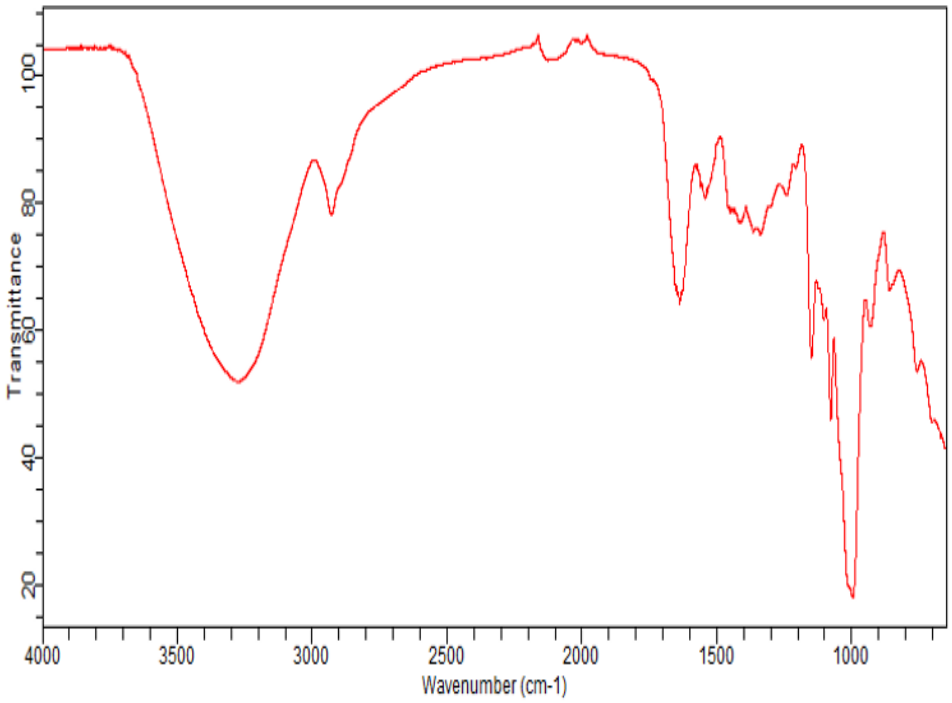


Figura 29: Espetro de FTIR da formulação A (1,5%).

FONTE: FONTE: PRÓPRIO AUTOR

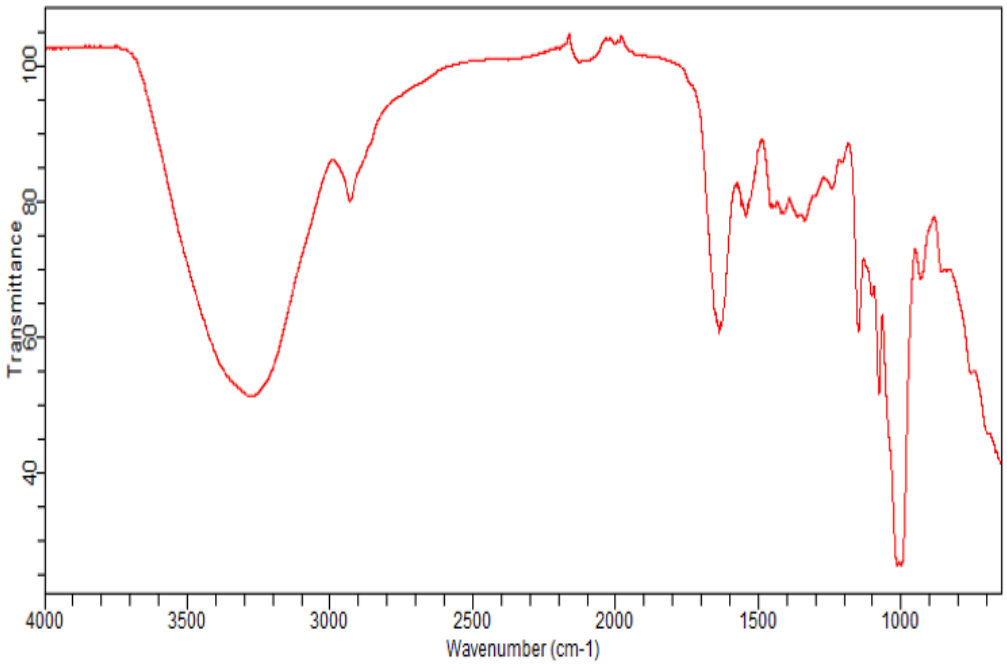


Figura 30: Espetro de FTIR da formulação A (3%).

FONTE: PRÓPRIO AUTOR

Pode-se observar uma semelhança na estrutura em todas as concentrações em relação à amostra padrão. Esta semelhança estrutural impossibilitou identificar diferença na análise visual dos espectros. O mesmo ocorreu com Tozetto, Demiate e Nagata (2007) ao estudar adoçantes de mesa via espectroscopia no infravermelho, sendo necessária a utilização do ACP- Análise por Componentes Principais com o intuito de diferenciar os adoçantes de mesa de acordo com a sua composição e certificar e caracterizar a presença dos edulcorantes naturais e artificiais.

As análises de FTIR foram realizadas para obter a interação das formulações. Algumas funções orgânicas aparecem nas regiões mais importantes do espectro de infravermelho e estão no início e no final, que compreendem as faixas de 4000- 1300 $^{cm-1}$ e 900-690 $^{cm-1}$. Nas figuras 19, 20, 21 e 22 estão demonstrados os espectros em triplicata, da formulação padrão e das formulações A, B e C respectivamente. Pode-se observar uma semelhança na estrutura em todas as concentrações em relação à amostra padrão.

A região inicial, de alta energia é chamada região dos grupamentos funcionais, onde se encontra as absorções de hidroxila, de álcool, ácido carboxílico, fenol, enol, vibrações de –NH de aminas primárias e secundárias e outros. As amostras de pães apresentaram na região de 3400-3200 a banda responsável pela O-H, que está associada com a água, caracterizada por uma banda forte e larga. Pelas figuras se pode observar uma maior intensidade dessa banda na amostra Padrão, este fato pode ser atribuido a ausencia de colágeno, já nas outras formulaçoes, o pico foi detectado, mas com uma menor intensidade, este fato pode ser explicado pela adição do colageno na formulação. Segundo Safar et al. (1994), a água é um absorvedor de infravermelho muito forte com faixas proeminentes centrado em 3360 cm^{-1} (banda de alongamento H-O).

Como pode ser observado nas figuras, na região 3000-2500 os picos de lipídios foram detectados nas amostras analisadas, e na região 2000-1500 o pico que apareceu foi a amida I da proteína. O espectro de infravermelho (FTIR) do colágeno exibe as bandas características da proteína. A presença dos picos associados aos grupos amida podem ser observados em 1658^{cm-1} (amida I), 1540^{cm-1} (amida II) e 1240^{cm-1} (amida III) (SANTOS et al., 2013) o que indica que a composição das cadeias polipeptídicas foram mantidas nas formulações analisadas.

Por inspeção visual nas regiões indicadas é possível observar diferenças nos contornos de bandas e nas intensidades relativas entre os picos. Ressaltando que as amostras com colágeno apresentou uma maior intensidade nos respectivos picos. A amina secundária com estiramento C-N foi apresentado na faixa de 1190-1130 $^{cm-1}$. Observou-se vários componentes na região 1200-1050 $^{cm-1}$ (C-O de álcoois e fenóis), compostos presentes nas formulações. Baseado nos espectros obtidos, o principal composto envolvido estavam na faixa de 3000-2500 $^{cm-1}$ e na região 2000-1500 em todas amostras. Grupos dos lipideos e proteinas, respectivamente. Os picos com maior intensidade foram nas formulações contendo colageno. Foi tambem detectado em todas as amostras o grupo sacarideos (900-1150).

Segundo Fox (1989), Amida I e Amida II bandas (1700-1500 cm-1) são conhecidas por serem sensíveis a conformação adotada pela estrutura da proteína. Coates (2000) observou que a amina e amino, a frequência do grupo de compostos variou entre 1650 e 1550 cm-1 para a amina secundária (curva N-H). Portanto, a análise de FTIR forneceu excelente dados para explorar o efeito da adição do colageno nas formulações.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS/CONCLUSÃO

Os resultados indicaram que a adição de colágeno nas proporções estudadas em pão francês afetou a cor da casca e do miolo dos produtos, assim como aumentou a aderência na formulação C.

Em relação às farinhas formuladas, observamos o aumento gradativo no teor proteico, o que é interessante já que mercado atual busca agregar valor, ou seja, produzir alimentos que não só sejam agradáveis ao paladar, mas que também possuam qualidade nutricional. Também houve aumento da acidez graxa o que pode ser um ponto negativo no tempo de vida útil das farinhas. A adição do colágeno neste estudo afetou significativamente a reologia da farinha diminuindo a elasticidade e a extensibilidade bem como o valor de W e de P/L, e afetando ainda a absorção da farinha.

Diante dos benefícios do colágeno hidrolisado pode-se considerar a importância dele ser adicionado como matéria-prima em produtos que oferecem benefícios complementares para a saúde, podendo ser utilizado no desenvolvimento do pão francês, porém são necessários mais estudos para correção da reologia e das deficiências tecnológicas causadas pela adição desta proteína.

Estudos futuros podem ser realizados para quantificação do teor de glicina, prolina e hidroxiprolina, bem como, análise sensorial dos pães formulados e estudo de shelflife das farinhas formuladas.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIP - Associação Brasileira Da Indústria De Panificação e Confeitaria. **Estudo de Tendências: Perspectiva para Panificação e Confeitaria.** Brasília, 2009. Disponível em: https://www.abip.org.br/site/wp-content/uploads/2016/01/estudo-tendencias-20jul09.pdf> Acessado em 20 out. 2019.

BRASIL, ANVISA, **Resolução RDC nº 263**, de 22 de setembro de 2005.

BRASIL, MAPA, **Resolução RDC nº 8**, de 02 de julho de 2005.

DEMAN, J.M. **Principles of food Chemistry. Aspen : Maryland, p.147-149 p, 1999**

DUARTE, F. O. S. **Propriedades funcionais do colágeno e sua função no tecido muscular.** Programa de Pós - Graduação em Ciência Animal da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2011. Disponível na: http://portais.ufg.br/uploads/67/original_semi2011_Francine_Oliveira_2.pdf. Acessado em: 23

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

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

GRAND VIEW, 2016 Grand View Research, **Mercado de alimentos funcionais deve atingir US $ 255,10 bilhões até 2024**(2016). Disponível em: http://www.grandviewresearch.com/press-release/global-functional-foods-market. Acessado em 2 de fevereiro de 2020.

FRANCISCHETTIi G, ORTELAN CB, CONTRERAS-CASTILHO CJC, Gallo CR, CAVENAGUI A, Montenegro LC, et al. **Caracterização e vida-útil do músculo biceps femoris (coxão duro) submetidos à marinação com pó de colágeno, fibra de trigo e proteína isolada de soja.** Anais do 4º Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Carnes. Campinas; 2007. p.378-80.

FIGUEIRA, F. S.; CRIZEL, T. M.; SILVA, C. R.; SALAS-MELLADO, M. M. **Pão sem glúten enriquecido com a microalga**; Spirulina platensis. Brazilian Journal of Food Technology. Campinas, v. 14, n. 4, p. 308-316, 2011.

GRAND VIEW, 2016 Grand View Research, **Inc**Mercado de alimentos funcionais deve atingir US $ 255,10 bilhões até 2024**(2016).** Disponível em: http://www.grandviewresearch.com/press-release/global-functional-foods-market. Acessado em 2 de agosto de 2019)

GONÇALVES, ECB de Andrade, Moro, T de Menezes A, **Relação do consumo de produtos panificáveis e condições de saúde autorreferidas**. Anais da revista Nutrição brasil, **v. 15, n. 2 (2016)**

HEASMAN, M.; MELLENTIN, J. **The Functional Foods Revolution. Healthy People, Healthy Profits? London : Earthscan. 2001.**

Hoseney and Smewing, 1999 R.C. Hoseney, J. Smewing, **Instrumental measurement of stickiness of doughs and other foods**. Journal of Texture Studies, v. 30, pp. 123-136, 1999.

ITPC – Instituto Tecnológico da Panificação e Confeitaria. **Performance do setor de panificação e confeitaria brasileiro em 2016.** Belo Horizonte, 2016. Disponível em: https://institutoitpc.jimdo.com/indicadores-do-setor/. Acessado em 05 de junho de 2020.

KAUR, N.; SINGH, D. P. **Decifrando as facetas do comportamento do consumidor de alimentos funcionais: uma revisão da literatura.** Apetite , v.112, pp. 167 – 187, 2017

KONIKA MINOLTA: **Conceitos básicos da colorimetria**. Disponível em https://sensing.konicaminolta.us/br/blog/conceptos-basicos-de-colorimetria/. Acessado em 15/06/2020

MANDARINO, J. M. G. **Aspectos importantes para a qualidade do trigo**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1993. 32 p. (EMBRAPA-CNPSO. Documentos, 60).

MEZAIZE, S.; CHEVALLIER, S.; LE BAIL, A.; DE LAMBALLERIE, M. **Optimization of gluten-free formulations for french-style breads.,** Journal of Food ScienceChampaign, v. 74, n. 3, p. 140-146, 2009. PMid:19397719.

MOORE, M. M.; HEINBOCKEL, M.; DOCKERY, P.; ULMER, H. M.; ARENDT, E. K. **Network formation in gluten-free bread with application of transglutaminase. , Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 83, n. 1, p. 28-36, 2006.

NEITZEL, R. B; DEMIATE, I. M. **Avaliação granulométrica de frações constituintes de farinhas de trigo tipo 1 obtidas da moagem industrial de cultivares disponíveis no mercado brasileiro**. Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial, v. 9, n. 1, p. 1786-1796, 2015.

NEITZEL, L. H. **Influência da formulação no congelamento de massa de bolo e na qualidade do produto final.** 2006. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) – Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel", Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2006.

OLIVEIRA et al. **Uso de cobertura com colágeno e aloe vera no tratamento de feridas isquêmica: estudo de caso.** Revista Esc Enferm USP. v. 44, n. 2, 2010.

OLIVO, R., SHIMOKOMAKI, M. **Carnes: No caminho da pesquisa**. 2.ed. Cocal do Sul: Imprint, 2002. 155p.

PRESTES, RC. **Collagen and Its Derivatives: Characteristics and Applications in Meat Products** .Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Tecnologia e Ciência dos Alimentos, RS, Brasil 2013. Vol.15 No.1 pp.65-74 ref.45

POSNER, E. S.; HIBBS, A. N**. Wheat Flour Milling.** Saint Paul : AACC, 2nd ed. p.251-252, p.344-345, 2005.

PRESTES, R. C. **Avaliação da adição de colágeno hidrolisado, amido modificados e goma guar em presunto cozido de peru.** 2008. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Paraná, 2008. (verificar anos das publucações)

PRESTES, R. C. 2011: **Efeitos da adição de colágeno na qualidade de presunto de frango.** 2011. Tese (Doutorado), Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões Uri - Campus Erechim, 2011.

PURLIS, E. Bread baking: **Technological considerations based on process modeling and simulation**. Journal of Food Engineering, v. 103, n. 1, p. 92-102, 2011.

RASPER, V. F. **Quality Evaluation of Cereal Products. Handbooks of Cereal Science and Technology**, p. 595- 638, 1991.

ROBERFROID, M. B. **Concepts and strategy of functional food science: the European perspective.** Am. J. Clin. Nutr., Bethesda, v. 71, supl.6, p.1660-1664, 2000.

ROCCIA, P.; RIBOTTA, P. D.; PEREZ, G. T.; LEON, A. E. **Influence of soy protein on rheological properties and water retention capacity of wheat gluten**. LWT-Food Science and Technology, v.42, n.1, p.358-362, 2009.

RODRIGUES, V. **Análise dos efeitos do colágeno bovino e derivados na proliferação celular e biossíntese de colágeno em fibroblastos humanos**. São Paulo, 2009. Disponível na: http://www.ksodesign.net/sundown/wpcontent/uploads/2012/07/estudo15.pdf. Acessado em: 06 de junho de 2020.

RONDA, F.; PÉREZ-QUIRCE, S.; VILLANUEVA, M. **Rheological properties of gluten-free bread doughs. Relationship with bread quality J. Advances in food rheology and applications,** Cambridge, UK, p. 297-334, 2017.

SANTANA, R. C.; SARO, A. C. K.; CUNHA, R. L. **Emulsions stabilized by heatreated collagen fibers**. Food Hydrocolloids, v. 5, n. 3, p. 464-470, 2012.

SOUZA, A. B.; OLIVEIRA, N. C. P.; GARCIA, T.; MOREIRA, A. V. B. M. **Desenvolvimento e análise sensorial de uma sobremesa à base de colágeno hidrolisado e**

soja. Anais do XIX Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2004; Recife-PE

SUAS M. , **Panificação e Viennoiserie: Abordagem profissional**, São Paulo, 1ª edição 2012

TOZETTO, A.; DEMIATE, I.; NAGATA, N. **Exploratory analysis of commercial sweeteners by infrared spectroscopy (FTIR) and principal component analysis (PCA).** Food Science and Technology, v. 27, n. 4, 2007.

WALLY, A. P. do S**. Propriedades físico-químicas e nutricionais de farinhas mistas de trigo, arroz e soja para elaboração de pães.** 2008. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial. Universidade Federal de Pelotas, Rio Grande do Sul, 2008.

ZIOBRO, R.; WITCZAK, T.; JUSZCZAK, L. KORUS, J. **Supplementation of gluten-free bread with non-gluten proteins. Effect on dough rheological properties and bread characteristics.** Food Hydrocolloids, v. 32, n. 2, p. 213-220, 2013.