

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

**AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DA ADIÇÃO DE CONCENTRADO PROTEICO DE
GIRASSOL NOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DE PÃO SEM GLÚTEN**

CAROLINE ZAMPRONIO ZORZI

Porto Alegre

2019

Caroline Zampronio Zorzi

**AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DA ADIÇÃO DE CONCENTRADO PROTEICO DE
GIRASSOL NOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DE PÃO SEM GLÚTEN**

Trabalho de conclusão de curso de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira de Alimentos.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Roberta Cruz Silveira Thys

Orientadora: Prof^º Simone Hickmann Flores

Porto Alegre

2019

Trabalho de Conclusão de Curso

**AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DA ADIÇÃO DE CONCENTRADO PROTEICO DE
GIRASSOL NOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DE PÃO SEM GLÚTEN**

Caroline Zampronio Zorzi

Conceito Final

Aprovada em ___/___/___

Prof^ª. Dr^ª Roberta Cruz Silveira Thys
ICTA-UFRGS
Orientadora

Prof^ª. Dr^ª Simone Hickmann Flores
ICTA-UFRGS
Orientadora

Prof. Dr. Jeverson Frazzon
ICTA-UFRGS

Eng. de Alimentos Matheus Cardoso Vieira
Mestrando PPGCTA ICTA-UFRGS

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais Jucelaine Zampronio e Ronaldo Zorzi, aos meus irmãos, Rafael e Pedro Henrique e as minhas irmãs, Joana e Antonela, pelo apoio e incentivo que sempre dedicaram a mim. Agradeço especialmente a minha mãe, que chamo carinhosamente de Ninão, por sempre me fazer acreditar que sou capaz de realizar todos meus sonhos e objetivos. Sou muito grata também, pelo carinho e amor que recebo do meu avô Raul Zorzi e da minha avó Lucia Zorzi.

Gostaria de agradecer ao Bruno Sartori, meu noivo, que durante todos esses anos esteve ao meu lado, nos momentos alegres e nos momentos difíceis, sempre cuidando de mim e me dando força para seguir em frente quando nem eu acreditava que era possível. Obrigada amor, por estar comigo e topas minhas ideias malucas.

Aos grandes amigos que fiz na UFRGS, Máira Puíg, Liliana Cassol, Julia Lerina, Luana Maieski e Eshter Bernardes, agradeço a parceria, o companheirismo e a amizade. Espero que sempre possamos nos encontrar para reviver momentos bons e construir novas lembranças. Gostaria de dedicar um agradecimento especial para minha amiga Raquel Pische Garske, a primeira amizade que fiz quando me mudei para Porto Alegre e para Ana Paula Hagen, uma amizade que fiz num dos momentos mais difíceis do curso. Sou imensamente grata pelas gargalhar quando os dias eram sombrios, pelo apoio nas escolhas e decisões difíceis e por sempre estarem ao meu lado. Obrigada Ana por cantar as músicas mais sem noção comigo e Raquel, obrigada por tudo, sua amizade foi muito importante durante todos esses anos e continuará sendo.

Agradeço a todos os professores do ICTA pela dedicação em transmitir conhecimento e experiências, nas aulas ou nas conversas informais. Gostaria de agradecer especialmente a Prof^a Simone por aceitar ser orientadora desse trabalho e a Prof^a Roberta, minha querida orientadora, com quem sempre tive a oportunidade de apreender, conviver e a honra de trabalhar.

E por fim, agradeço a Argon Chemical pelas amostras cedidas de concentrado proteico de girassol utilizado nesse estudo, ao ICTA e a UFRGS por toda estrutura disponibilizada para realização deste trabalho.

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis”.

José de Alencar

Avaliação dos efeitos da adição de concentrado proteico de girassol nos parâmetro de qualidade de pão sem glúten

Caroline Zampronio Zorzi¹, Simone Hickmann Flores², Roberta Cruz Silveira Thys²

RESUMO

O aumento da demanda global por produtos isentos de glúten têm resultado em um grande desafio tecnológico para as indústrias de panificação: produzir pães sem glúten com qualidade semelhante aos pães tradicionais com glúten. A rede proteica formada pelo glúten confere aos pães características reológicas únicas, além de interferir diretamente na retenção de umidade e retenção de dióxido de carbono dos mesmos, aspectos extremantes importantes para a qualidade final das massas levedadas. Este estudo teve como objetivo analisar os efeitos da adição de diferentes concentrações de concentrado proteico de girassol, proveniente do resíduo do processamento do óleo de girassol, nos parâmetros de qualidade de pães sem glúten, formulados com farinha de arroz e amido de milho, a fim de compará-los a pães produzidos com farinha de ervilha, tradicionalmente utilizada como fonte proteica em produtos livres de glúten. As concentrações das fontes proteicas testadas foram 5%, 10% e 20% sobre o peso da mistura composta por farinha de arroz e amido de milho, e os parâmetros de qualidade como volume específico, firmeza, elasticidade e coesividade foram avaliados durante 21 dias de armazenamento. Os resultados obtidos demonstram que o concentrado proteico de girassol possui grande potencial para produzir pães sem glúten de elevada qualidade tecnológica e aceitabilidade sensorial. A adição do novo ingrediente, em todas as concentrações, resultou em pães de firmeza superior no primeiro dia de análise, quando comparados às amostras padrão, com farinha de ervilha, entretanto, durante o armazenamento, todos os pães formulados concentrado proteico de girassol apresentaram redução significativa no parâmetro dureza, enquanto que os pães com farinha de ervilha tiveram sua dureza aumentada. Além disso, devido ao seu elevado teor de proteínas, a inserção do concentrado proteico de girassol resultou em pães com praticamente o dobro de proteínas se comparados ao padrão de mesma concentração formulado com farinha de ervilha.

Palavras-Chave: Pão sem glúten. Girassol. Proteína Vegetal. Firmeza.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição de aminoácidos da proteína de girassol e padrão proteico da FAO ..	16
Tabela 2 – Formulações dos pães controle e com adição de concentrado proteico de girassol.	42
Tabela 3 - Parâmetros de cor obtidos para miolo e crosta dos pães enriquecidos com diferentes concentrações de farinha de ervilha e concentrado proteico de girassol.	466
Tabela 4 - Perda de peso, volume específico e dados de análise de imagem da fatia dos pães elaborados com farinha de ervilha e proteína de girassol.....	48
Tabela 5 - Volume específico (cm ³ /g) dos pães elaborados com farinha de ervilha e proteína de girassol durante 21 dias de armazenamento, sob temperatura ambiente.	50
Tabela 6 – Resultado da análise de textura dos pães elaborados com farinha de ervilha e proteína de girassol durante 21 dias de armazenamento.	53
Tabela 7 - Dados obtidos para avaliação sensorial dos pães com concentrado proteico de girassol em diferentes concentrações.	54
Tabela 8 – Composição de umidade, carboidrato, proteína e lipídeos para a amostra contendo 10% de concentrado proteico de girassol, em comparação à amostra contendo 10% de farinha de ervilha.	55

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1 GIRASSOL (<i>Helianthus annuus</i>)	12
2.1.1 Semente de Girassol.....	13
2.1.2 Óleo de Girassol.....	14
2.1.3 Proteína de Girassol	15
2.1.3.1 Obtenção da Proteína de Girassol	15
2.1.3.2 Características da Proteína de Girassol	15
2.1.3.3 Aplicação da Proteína de Girassol em Alimentos.....	16
2.2 GLÚTEN	17
2.3 DOENÇAS RELACIONADAS AO TRIGO	18
2.3.1 Doença Celíaca (DC)	19
2.3.2 Ataxia Induzida pelo Glúten	20
2.3.3 Dermatite Herpetiforme	20
2.3.4 Sensibilidade ao Glúten Não-Celíaca (NCGS)	20
2.3.5 Alergia ao Trigo	21
2.4 O MERCADO DE PRODUTOS SEM GLÚTEN.....	21
2.5 INGREDIENTES SUBSTITUTOS PARA PRODUTOS ISENTOS DE GLÚTEN	22
2.5.1 Fontes Amiláceas	22
2.5.1.1 Amidos	22
2.5.2 Farinha de Arroz	24
2.5.2 Fontes Proteicas	25
2.5.2.1 Proteínas Lácteas	25
2.5.2.2 Ovo	25
2.5.2.3 Proteínas Vegetais	26
2.5.3 Farinhas de Pseudocereais	27
2.5.3.1 Farinha de Trigo Sarraceno (<i>Fagopyrum esculentum</i>)	27
2.5.3.1 Farinha de Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i>)	28
2.5.4 Hidrocoloides	29
2.5.4.1 Goma Xantana	29

2.5.4.2 Goma Guar	30
2.5.4.3 Goma Carragena	30
2.5.4.4 Carboximetilcelulose (CMC).....	31
2.5.4.5 Hidroxipropilmetilcelulose (HPMC)	31
2.5.5 Enzimas	32
2.5.5.1 Amilase	32
2.5.5.2 Protease	33
2.5.5.3 Transglutaminase	33
2.5.6 Emulsificantes	33
3 OBJETIVOS	35
4 ARTIGO	36
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	62
APÊNDICE.....	

1 INTRODUÇÃO

O glúten é uma mistura proteica proveniente do trigo, formada por duas frações, as gliadinas e as gluteninas, e sua formação depende de três fatores: proteínas formadoras de glúten, água e ação mecânica (Batey e Huang, 2016; Velicogna e Shea Miller, 2016). Por ser um material coesivo e viscoelástico, o glúten desempenha um papel fundamental nas características reológicas de massa em produtos de panificação. De maneira geral, a presença desta rede proteica, está diretamente associada à retenção de umidade e de gases fermentativos (CO₂), além de apresentar estabilidade térmica e ser responsável pela manutenção da coesividade e elasticidade das massas, melhorando significativamente a textura das mesmas (Biesiekierski, 2017; Guerrieri e Cavaletto, 2018).

Atualmente, a demanda por produtos sem glúten tem apresentado constante crescimento, seja por enfermidades relacionadas à proteína, ou pela percepção equivocada dos consumidores de que produtos livres de glúten são uma opção alimentar mais saudável (Xhakollari *et al.*, 2019). Existem diversas patologias associadas ao consumo de glúten, como doença celíaca (DC), dermatite herpetiforme, sensibilidade ao glúten não celíaca (NCGS), entre outras. Ao consumir alimentos com glúten os pacientes que apresentam intolerância à proteína desenvolvem efeitos colaterais como, desconfortos intestinais, dor de cabeça, reações alérgicas e até mesmo desnutrição, sendo a única alternativa de tratamento a exclusão total do glúten de suas dietas (Hausch *et al.*, 2002; Scherf *et al.*, 2016; Biesiekierski, 2017). Além dos alérgicos ao glúten, o consumo de produtos livres do mesmo está sendo relacionado pelos consumidores à maior saudabilidade, conforme Topper (2014). De acordo com Euromonitor (2019), a categoria “livres de”, que inclui produtos sem glúten, está entre as cinco principais tendências de consumo de alimentos saudáveis, com estimativa de crescimento de 35% a 40% até 2022.

O desenvolvimento de produtos sem glúten é considerado um desafio tecnológico para a indústria de panificação. Geralmente associados à baixa qualidade, massa quebradiça, baixo volume e miolo rígido, diversos estudos são realizados para melhorar as características dos produtos livres da rede proteica. Substâncias como amidos, proteínas lácteas e vegetais, enzimas, gomas, hidrocolóides e farinhas de pseudocereais, são normalmente inseridas nos produtos de panificação para imitar as características do glúten. (Gallagher *et al.*, 2004; Mariotti *et al.*, 2009; Naqash *et al.*, 2017).

Sementes de girassol são compostas por elevado teor de óleo, entre 40 – 50%, entretanto, após a extração do óleo, o resíduo resultante, chamado de torta, apresenta composição nutricional de alta qualidade proteica (González-Pérez e Vereijken, 2007). Atualmente, este resíduo é destinado à ração animal, mas poderia ser seguramente consumido por humanos, pois apresenta elevada digestibilidade (95%), ausência de fatores antinutricionais e excelente perfil de aminoácidos (González-Pérez e Vereijken, 2007; Pedroche, 2015). Com teores de proteína entre 63% e 90%, para farinha de girassol e isolado proteico de girassol, respectivamente, este ingrediente apresenta potencial para inserção em diversos alimentos, inclusive em produtos livres de glúten, atuando de forma a simular as características da rede proteica em pães (Salgado *et al.*, 2012; Pedroche, 2015; Pickardt *et al.*, 2015; Alexandrino *et al.*, 2017).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 GIRASSOL (*Helianthus annuus*)

Nativo da América do Norte, registros indicam que índios americanos utilizavam as sementes de girassol para extrair o seu óleo há cerca de 3000 a.C. Para os nativos americanos, o girassol fornecia corante natural através de suas cascas, chá através da infusão de suas folhas e, em cerimônias religiosas, o girassol era utilizado na forma de pólen. Segundo dados históricos, no início 1500, espanhóis introduziram a cultura do girassol na Europa, que inicialmente, foi cultivada como planta ornamental (Seiler e Gulya, 2016).

Por se tratar de uma planta que se adapta bem a diferentes ambientes, a cultura do girassol está presente em diversas regiões do mundo (Castro *et al.*, 1996). Climas secos, com alta irradiação solar e solos profundos para o desenvolvimento de seu sistema de raízes radiculares, são alguns dos fatores ambientais que afetam diretamente o crescimento desta planta (Bockisch, 1998; Akkaya *et al.*, 2018). Estudos demonstram que o parâmetro ambiental mais importante para o desenvolvimento da planta e do conteúdo de ácidos graxos das sementes, é a temperatura (Lajara *et al.*, 1990; Izquierdo *et al.*, 2006; Grunvald *et al.*, 2013). A faixa de temperatura ideal para o desenvolvimento do girassol esta entre 24 °C e 28 °C. Temperaturas elevadas prejudicam a germinação da planta e temperaturas abaixo de 10 °C tornam a germinação da mesma muito lenta (Gay *et al.*, 1991; Seiler e Gulya, 2016).

Segundo dados do USDA (2019b), nas últimas décadas, a produção de semente de girassol praticamente duplicou. No ano de 1998-99 a produção anual era de aproximadamente 26,7 milhões de toneladas e atualmente, esta semente está entre oleaginosas mais cultivadas no mundo, com produção superior a 51 milhões de toneladas no ano de 2018. A Europa e a América representam cerca de 50% da produção mundial, sendo Rússia, Ucrânia e Argentina os países com as maiores produções. O expressivo aumento de produtividade se deve essencialmente as melhorias genéticas do cultivar (Sánchez-Muniz *et al.*, 2016). No Brasil a produção de semente de girassol foi de aproximadamente 142 mi toneladas na safra de 2017/18, de acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab, 2018).

Em âmbito mundial, o girassol é cultivado, especialmente, por sua capacidade de fornecer óleo comestível de alta qualidade, além de ser utilizado como uma alternativa limpa de aditivo para diesel, resultando em biodiesel. Entretanto, o potencial econômico desta planta expande-se ao uso total de todos seus subprodutos, promovendo a valorização, a sustentabilidade e a ampliação de toda cadeia produtiva (Pedroche, 2015). Após a extração do

óleo das sementes de girassol, a fração permanente na prensa, chamada de torta, é um subproduto rico nutricionalmente, composto por cerca de 20 – 60% de proteína, 5 – 35% de fibras (proveniente das cascas remanescentes) e 3 - 5% de gordura residual. Atualmente, a maior parte deste resíduo é destinado à ração animal (González-Pérez *et al.*, 2002; Pedroche, 2015).

2.1.1 Semente de Girassol

Antigamente, os espanhóis espalharam pela Europa o costume de consumir sementes de girassol torradas, como *snacks*, entretanto, foi o óleo presente nas sementes que impulsionou de maneira significativa à expansão desta cultura. Historicamente, os cientistas russos foram os grandes responsáveis pelos melhoramentos genéticos da planta, culminando, na década de 70, no desenvolvimento do girassol híbrido, com maior teor de óleo e mais resistente a doenças (Seiler e Gulya, 2016).

O arquênio ou o fruto de girassol é constituído pela casca formada por três camadas, externa, média e interna e, pela semente, essa última composta por tegumento, endosperma e embrião. As sementes de girassol são divididas em dois grupos, sementes não oleosas e sementes oleosas. As sementes não oleosas são as maiores, conhecidas como “*confectionery varieties*”, apresentam casca grossa, preta, com listras e são consumidas torradas na forma de “*snacks*”. As sementes oleosas são menores, com casca bem aderida e concentração de óleo próximo a 50%, delas é extraído o óleo de girassol e por este motivo, são economicamente mais importantes (Carrão-Panizzi e Mandarin, 1994).

A qualidade nutricional e a quantidade de óleo nas sementes são características de elevada importância e sempre são avaliadas em estudos de melhoramentos genéticos da planta. Esses fatores são determinados por características genéticas e condições ambientais, sendo a temperatura o fator ambiental de maior importância (Van Der Merwe, 2013). Grunvald *et al.* (2013), observaram que temperaturas mais altas elevaram em até 35% a concentração de ácidos graxos nas sementes, para girassóis semeados em regiões tropicais. Akkaya *et al.* (2018), estudaram a influência das datas de semeadura no conteúdo e composição de ácidos graxos das sementes de girassol, constatando que em períodos mais quentes, como primavera e verão, ocorreu um aumento na quantidade de óleo das sementes.

Sementes de girassol são caracterizadas por seu alto teor de óleo, entre 40 – 50%, possuem ainda, cerca de 20 – 60% de proteína, além de teores entre 25 – 30% de casca. Atualmente, o processamento das sementes é baseado apenas na extração do óleo, por ser o produto mais valioso e por este motivo os subprodutos são normalmente destinados à ração

animal, no caso da torta, ou queimados em caldeiras para fornecimento de calor, no caso das cascas (Le Clef e Kemper, 2015).

2.1.2 Óleo de Girassol

Com base nos dados do USDA (2019b), a produção mundial de óleo de girassol em 2018, foi de aproximadamente 19,7 milhões de toneladas representando cerca de 9,6% da produção de óleos vegetais do mundo. A crescente demanda por óleos vegetais de qualidade é um dos fatores relacionados ao aumento do consumo de óleo de girassol, visto que as características nutricionais e a qualidade dos seus ácidos graxos o destacam perante aos outros óleos vegetais (Salas *et al.*, 2015).

A composição dos ácidos graxos do óleo de girassol determina os benefícios nutricionais do óleo para a saúde humana, assim como o destino do produto. Normalmente, os ácidos graxos poliinsaturados, como ácido oleico e linoleico, representam aproximadamente 90% da composição do óleo, sendo o ácido linoleico o de maior concentração. Além disso, cerca de 10% do óleo é composto por ácidos graxos saturados como o ácido palmítico e o esteárico (Jeliazkov *et al.*, 2009; Sánchez-Muniz *et al.*, 2016).

A partir da década de 70, diversos estudos foram realizados visando o desenvolvimento de cultivares e híbridos de girassol com diferentes concentrações de ácidos graxos (Jones, 1984; Osorio *et al.*, 1995; Lagravère *et al.*, 2004). Os híbridos de girassol são divididos em três grupos principais, baseados na composição de seus ácidos graxos: (i) girassol tradicional com teor de ácido oleico entre 14 e 39% do total de ácidos graxos; (ii) girassol com médio teor de ácido oleico, entre 42 e 72% do conteúdo de ácidos graxos e (iii) girassol com alto teor de ácido oleico, composto por 75 a 91% de ácido oleico, sobre o teor total de ácidos graxos (Codex Alimentarius, 2015).

O óleo de girassol é utilizado por diversos setores da indústria de alimentos. Como por exemplo, o óleo obtido dos híbridos com elevados teores de ácidos graxos saturados, que são usados como uma alternativa às gorduras saturadas de origem animal, sendo empregados na produção de margarinas, chocolates, sorvetes, entre outros (Garcés *et al.*, 2009). Além disso, os óleos obtidos de cultivares que apresentam altos teores de ácidos graxos insaturados tornam-se uma opção saudável para saúde consumidores, podendo ser aplicados em molhos, salada e os mais diversos alimentos (Savva e Kafatos, 2016).

2.1.3 Proteína de Girassol

O teor lipídico é o principal componente das sementes de girassol, alcançando cerca de 40 – 50% da composição total das mesmas, entretanto, o conteúdo proteico das sementes também merece destaque. Diretamente afetada pela variedade do cultivar, a quantidade de proteína bruta, pode variar entre 20 e 60% (Pedroche, 2015). Geralmente, as proteínas de girassol são tratadas como subproduto da indústria de extração de óleo de girassol, visto que são provenientes da torta resultante do processamento (González-Pérez e Vereijken, 2007).

2.1.3.1 Obtenção da Proteína de Girassol

As indústrias de processamento de óleo de girassol normalmente utilizam dois métodos para extração do mesmo: extração por prensagem mecânica ou extração por solvente. Em ambos os métodos são empregadas altas temperaturas para facilitar a ruptura dos tecidos celulares. Além de influenciar na quantidade de óleo extraído, a temperatura empregada no processamento interfere na qualidade das proteínas obtidas da torta. Isto é, temperaturas elevadas, em torno de 140 °C causam desnaturação das proteínas, resultando em uma redução da qualidade nutricional das mesmas (Bau *et al.*, 1983; González-Pérez e Vereijken, 2007). A torta de girassol origina três produtos, que diferem entre si em relação ao conteúdo proteico: farinha de girassol, cuja concentração proteica gira em torno de 63%, concentrado proteico com teor de proteínas de 75% e isolado proteico, que apresenta cerca de 90% de proteínas (Carrão-Panizzi e Mandarino, 1994)

2.1.3.2 Características da Proteína de Girassol

Estudos relatam que a proteína de girassol é considerada interessante do ponto de vista nutricional, uma vez que não apresenta fatores antinutricionais, como inibidores de protease. Além disso, o perfil de aminoácidos da proteína atende amplamente o padrão da FAO (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura), de composição e balanceamento de aminoácidos essenciais para o consumo humano, com exceção da lisina, que é considerado o aminoácido limitante desta proteína, conforme a Tabela 1 apresentada abaixo. Composta principalmente por albuminas e globulinas (70-85%), é a solubilidade da proteína de girassol, que em condições adequadas de temperatura (até 140 °C), pH (≤ 7) e força iônica, destaca o alto potencial de inclusão da mesma em novos alimentos (Gassmann, 1983; Miller e Pretorius, 1985; González-Pérez *et al.*, 2002; González-Pérez *et al.*, 2005).

Tabela 1 - Composição de aminoácidos da proteína de girassol e padrão proteico da FAO.

	Proteína de Girassol (mg/100g)	Padrão proteico da FAO¹ (mg/100g)
Asparagina	8,20 ± 0,50	-
Ácido Glutâmico	15,06 ± 0,50	-
Serina	2,94 ± 0,20	-
Histidina	4,04 ± 0,35	1,90
Glicina	5,26 ± 0,35	-
Arginina	8,08 ± 0,50	-
Alanina	3,55 ± 0,45	-
Prolina	3,43 ± 0,55	-
Tirosina	1,96 ± 0,40	-
Valina	7,10 ± 0,20	3,50
Metionina	1,96 ± 0,30	2,50
Cisteína	2,57 ± 0,15	-
Isoleucina	9,43 ± 0,35	2,80
Triptofano	1,37 ± 0,10	-
Leucina	10,89 ± 0,40	6,60
Fenilalanina	6,61 ± 0,35	6,30
Lisina	4,77 ± 0,35	5,80

¹ FAO,1970

Fonte: Adaptado de Bio Technologies LCC, 2019.

2.1.3.3 Aplicação da Proteína de Girassol em Alimentos

Durante muito tempo, a inserção de proteína de girassol como fonte proteica em alimentos foi descartada pela indústria alimentícia. Este comportamento é uma consequência ocasionada principalmente, pelas condições de extração do óleo, de onde a proteína de girassol é obtida, pois pode ocorrer a desnaturação das estruturas proteicas devido às altas temperaturas utilizadas no processamento, e consequentemente, a perda de funcionalidade das mesmas na torta (González-Pérez e Vereijken, 2007; Grunvald *et al.*, 2013). Além disso, outro fator que impossibilitava a aplicação desta proteína em alimentos é a alta concentração de compostos fenólicos, como ácido clorogênico, por exemplo. Esses compostos reagem com as proteínas do meio, resultando em pigmentos de coloração castanha e também, interferem diretamente no gosto dos alimentos, devido ao sabor residual pronunciado.

Entretanto, nos últimos anos, diversas pesquisas têm revelado o potencial da proteína de girassol para nutrição humana. Melhorias de processamento, variáveis selecionadas e redução de compostos fenólicos são alguns dos aspectos a serem estudados para viabilizar a inserção de concentrados ou isolados proteicos de girassol em novos alimentos (Salgado *et al.*, 2012; Pedroche, 2015; Pickardt *et al.*, 2015; Alexandrino *et al.*, 2017). Neste intuito,

estudos têm sugerido alterações no método de obtenção do óleo, de forma a reduzir a temperatura do processamento, e, portanto, melhorar a qualidade da composição de ácidos graxos do próprio óleo e das proteínas residentes na torta (González-Pérez e Vereijken, 2007; Grunvald *et al.*, 2013).

Fleming e Sosulski (1977), estudaram a utilização de concentrado proteico de girassol extraído, com éter de petróleo e dessolventizado à temperatura ambiente, removido de compostos fenólicos pelo processo de difusão contínua, em bebidas lácteas. O concentrado proteico de girassol que obteve melhores resultados de coloração e solubilidade foi o concentrado com baixo teor de ácido clorogênico. Segundo os autores, os resultados obtidos aproximaram a bebida láctea com proteína de girassol a uma mistura equivalente leite e proteína de soja.

Pães de trigo, hiperproteicos, foram produzidos com farinha de girassol desengordurada, em estudo realizado por Gatta e Piergiovanni (1996). Os pães foram preparados com teores de farinha que variavam de 5% a 20% e avaliados quanto ao volume, peso e concentração de proteínas. Todas as formulações apresentaram um aumento considerável na quantidade de proteínas, entretanto, a farinha utilizada gerou pães com altos teores de inibidores de tripsina, anulando os efeitos da elevação de conteúdo proteico. Além disso, a incorporação de 10% de farinha de girassol foi a que demonstrou melhores resultados sensoriais.

Um estudo mais recente, realizado por Nesterenko *et al.* (2013), utilizou a proteína de girassol para microencapsular α -tocoferol, mostrando que esta proteína apresenta elevado potencial para microencapsulamento.

2.2 GLÚTEN

Definido como material coesivo, viscoelástico e proteico, o glúten é uma complexa mistura de proteínas de armazenamento dos grãos, composto principalmente por dois grupos: proteínas monoméricas, chamadas de prolaminas e as proteínas poliméricas conhecidas como gluteínas (Batey e Huang, 2016). As prolaminas estão presentes em diversos cereais, com denominação específica para cada um deles, como gliadina para trigo, secalina para centeio, hordeína para cevada e aveninas para aveia (Biesiekierski, 2017).

As proteínas formadoras de glúten são classificadas com base em suas características estruturais, sua solubilidade em solução álcool-água e funções reológicas (Wieser, 2007). Nos grãos de trigo, as prolaminas, também chamadas de gliadinas, possuem uma estrutura simples

que varia de acordo com a sequência de aminoácidos da região N-terminal, podendo ser subdivididas em, β -, α -, γ - e ω -gliadinas. Além disso, as prolaminas são solúveis em solução álcool-água e do ponto de vista tecnológico, estão relacionadas à viscosidade da massa, uma vez que quando hidratadas apresentam pouca elasticidade. Quanto à glutenina, presente no grupo das gluteínas, esta possui um alto peso molecular e é insolúvel em solução etanólica. Essa fração proteica está relacionada à coesividade e elasticidade da massa, pois quando é hidratada oferece resistência à extensão. Portanto, uma proporção adequada de gliadinas e gluteninas, é essencial para qualidade viscoelástica do produto final (Wieser, 2007; Guerrieri e Cavaletto, 2018).

A formação do glúten acontece quando a farinha de trigo é misturada com água e, através de uma ação mecânica (amassamento), ocorre o desenvolvimento de uma rede contínua de proteínas (Velicogna e Shea Miller, 2016). A rede de glúten é estável ao calor, está relacionada à melhoria de textura da massa, a retenção de umidade e ao realce do sabor em produtos de panificação e confeitaria, desempenhando também um papel fundamental na determinação das propriedades reológicas da massa (Biesiekierski, 2017).

De acordo com Scherf *et al.* (2016), as proteínas de armazenamento, ou glúten como são conhecidas, têm causado respostas imunes prejudiciais a saúde humana. Alguns indivíduos não apresentam tolerância imunológica para consumir alimentos com glúten e, por esse motivo, necessitam de dietas especiais que sejam isentas do mesmo. Devido ao grande consumo, o glúten proveniente do trigo é considerado o principal agente causador de distúrbios alimentares, levando a indústria de alimentos a buscar novas alternativas para substituição da farinha de trigo em alimentos.

2.3 DOENÇAS RELACIONADAS AO TRIGO

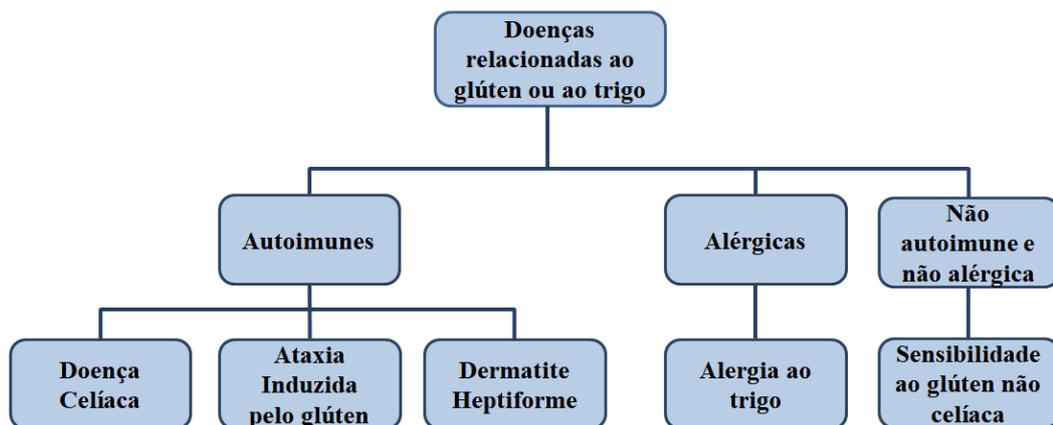
Acredita-se que foi há cerca de 10.000 anos, no período Neolítico, devido ao desenvolvimento da agricultura no Oriente Médio, que os seres humanos iniciaram o consumo de cereais, como arroz, trigo, centeio, aveia, entre outros. Atualmente, os cereais fazem parte da dieta básica da maioria da população mundial, entretanto, alguns indivíduos não se adaptaram a esses “novos” alimentos e desenvolveram intolerâncias imunológicas ou não imunológicas a certas proteínas presentes nesses cereais devendo, portanto, excluí-los totalmente de suas dietas (Scherf *et al.*, 2016).

De acordo com Biesiekierski (2017), por ser amplamente consumido e cultivado, o trigo é muitas vezes relatado pela literatura, como principal cereal causador de doenças

relacionadas ao glúten. Composto majoritariamente por gliadinas e gluteninas, o glúten do trigo, varia de acordo com o cultivar em termos de conteúdo, distribuição e composição de proteínas (Wieser, 2007). Hausch *et al.* (2002), constataram que a gliadina contém sequências peptídicas, chamadas de epitopos, que são responsáveis pela maior parte da atividade estimulatória do glúten ao sistema linfático, causando reações imunológicas indesejadas. Além disso, esta proteína oferece resistência às enzimas proteolíticas gástricas, pancreáticas e intestinais, sendo de difícil digestão pelo trato gastrointestinal, sugerindo então, que a única alternativa terapêutica, seria a exclusão total do glúten da dieta dos indivíduos afetados.

As doenças relacionadas ao trigo são classificadas em três categorias: i) doenças autoimunes, sendo elas, doença celíaca, ataxia induzida pelo glúten e dermatite herpetiforme; ii) alergia as proteínas do trigo; iii) sensibilidade ao glúten não celíaca, sendo esta, não autoimune e não alérgica. A Figura 1 mostra a classificação das doenças relacionadas ao trigo.

Figura 1 – Doenças relacionadas ao trigo



Fonte: Adaptado de Biesiekierski (2017)

Fallavena (2015), ao estudar o perfil dos consumidores de produtos sem glúten da cidade de Porto Alegre, questionou se este consumo era realizado por necessidade (doença relacionada) ou apenas por modismo. Os resultados mostraram que mais de 60% de homens e mulheres que relataram ter alguma restrição ao glúten, apresentavam a doença diagnosticada com exame clínico.

2.3.1 Doença Celíaca (DC)

A doença celíaca é a enfermidade relacionada ao glúten mais conhecida pela maioria das pessoas. Afetando cerca de 1% da população mundial e em contínuo crescimento, estudos relacionados a ela estão constantemente sendo publicados (Green *et al.*, 2015). De acordo

com Rozenberg *et al.* (2011), é a dificuldade de diagnosticar os pacientes que diminuí as estatísticas. O diagnóstico de DC só é obtido através de testes sorológicos para três anticorpos, anti-endomísio (IgA), anti-gliadina (IaG) e anti-transglutaminase (TG2).

O distúrbio celíaco é caracterizado por ser uma patologia autoimune, onde o consumo de alimentos com glúten ocasiona dano à mucosa do intestino delgado e reações gastrointestinais como vômitos e diarreia. Ao consumir esses alimentos, os indivíduos acometidos pela doença, apresentam inflamação perdurante da mucosa intestinal, acarretando a destruição das vilosidades do intestino que são responsáveis pela absorção de nutrientes dos alimentos. Consequentemente os portadores de doença celíaca, podem chegar à desnutrição se não aderirem a uma dieta livre de glúten (Fasano e Catassi, 2001; Niewinski, 2008).

2.3.2 Ataxia Induzida pelo Glúten

A ataxia induzida pelo glúten é uma manifestação neurológica, normalmente associada à doença celíaca. Os indivíduos afetados por essa condição, na maior parte dos casos, não apresentam os sintomas comuns da doença celíaca como, vômito e diarreia ou lesão ao intestino delgado. Essa doença autoimune é caracterizada pelo dano imunológico ao cerebelo e aos nervos periféricos, levando a atrofia cerebelar (Hadjivassiliou *et al.*, 1998; Scherf *et al.*, 2016).

2.3.3 Dermatite Herpetiforme

Caracterizada por ser uma doença crônica, polimórfica e causar bastante coceira, a dermatite herpetiforme é uma reação cutânea, autoimune, que se desenvolve principalmente, em pacientes com doença celíaca latente. Geralmente, os indivíduos que apresentam essa dermatite não estão cientes dos danos ao intestino delgado e por este motivo o diagnóstico da dermatite é dificultado. Atualmente, o principal tratamento para essa enfermidade é uma dieta totalmente sem glúten (Kárpáti, 2004; 2012).

2.3.4 Sensibilidade ao Glúten Não-Celíaca (NCGS)

A sensibilidade ao glúten não celíaca é muitas vezes relatada como intolerância ao glúten. Considerada uma síndrome nova, foi confundida durante muito tempo, com a doença celíaca. Com sintomas clínicos muito semelhantes aos da DC, a principal diferença entre ambas, é o fato da sensibilidade ao glúten não celíaca apresentar resultados negativos aos testes sorológicos realizados para diagnosticar a doença celíaca. Atualmente, acredita-se que a

NCGS atinja 6% da população mundial e seu diagnóstico se dá por exclusão (Czaja-Bulsa, 2015).

2.3.5 Alergia ao Trigo

Estima-se que aproximadamente 0,4% da população mundial seja alérgica as gliadinas presentes no trigo. Os indivíduos acometidos por esta alergia apresentam elevadas taxas do anticorpo imunoglobulina E (IgE) no organismo e quando são expostos aos alergênicos do trigo desencadeiam a liberação de diversas substâncias, entre elas a histamina, que está associada diretamente às reações alérgicas imediatas. A alergia ao trigo apresenta inúmeros sintomas, desde coceira, asma, rinite alérgica, urticária e, nos casos mais graves, anafilaxia que pode ocasionar a morte dos pacientes (Walusiak *et al.*, 2004; Zuidmeer *et al.*, 2008; Kucek *et al.*, 2015).

2.4 O MERCADO DE PRODUTOS SEM GLÚTEN

O crescente interesse por alimentos sem glúten resultou em uma expansão rápida e significativa do mercado destes produtos. A causa desse comportamento está relacionada em parte pelo aumento de pacientes diagnosticados com doenças relacionadas ao consumo do glúten, mas principalmente, devido às percepções do público de que uma dieta sem glúten seria uma opção alimentar mais saudável do que a tradicional (Xhakollari *et al.*, 2019).

Pesquisas indicam que o mercado de produtos sem glúten é impulsionado principalmente por pessoas que não apresentam doença celíaca ou alguma intolerância ao glúten. De acordo com Topper (2014), 82% dos consumidores de alimentos sem glúten não apresentavam nenhuma doença relacionada e consumiam este tipo de alimento por acreditarem ser mais saudável. Rewers (2005), estudou a prevalência da população celíaca diagnosticada e não diagnosticada em países da Europa e nos Estados Unidos, constatando, que a doença celíaca atinge cerca de 1% da população mundial. Entretanto, nos EUA, maior mercado consumidor do mundo de produtos sem glúten, em média 28,5% da população consome produtos livres da substância, gerando mais de US\$ 10 bilhões de dólares ao ano. No Brasil, considerado 4º maior mercado mundial do segmento, é esperado um crescimento do setor de 50% no ano de 2019, movimentando cerca de 110 milhões reais (Euromonitor Internacional, 2017).

Segundo dados do Euromonitor Internacional (2017), a categoria “livres de”, que abrange os produtos sem glúten, está entre as cinco principais tendências de consumo de alimentos saudáveis do mundo, apresentando a maior taxa de crescimento do segmento de alimentos industrializados saudáveis no ano de 2018. Além disso, estima-se que o mercado de alimentos sem glúten deva crescer entre 35% a 40% até 2022, levando as indústrias a investirem cada vez mais nesse segmento.

O aumento da demanda por produtos sem glúten tem elevado o número de estudos para o desenvolvimento desses produtos especiais. Entretanto, a elaboração de produtos sem glúten representa um grande desafio tecnológico, principalmente para pães levedados, uma vez que formulações isentas de glúten, apresentam ineficácia na retenção dos gases gerados pela fermentação, resultando em pães de baixo volume (Taylor e Rosell, 2016). Com características sensoriais inferiores, quando comparados aos similares com glúten, os produtos sem glúten apresentam baixa qualidade e aceitabilidade. Defeitos como, pães achatados, baixa maciez do miolo, cor pálida e sensação de baixo preenchimento de boca são alguns dos defeitos encontrados em produtos livres da rede proteica. Além disso, por conterem principalmente amidos e féculas em suas formulações, os pães isentos da substância são deficientes em alguns nutrientes e sofrem um endurecimento rápido, reduzindo significativamente a vida útil destes produtos (Alvarez-Jubete *et al.*, 2009; Moroni *et al.*, 2009; Demirkesen *et al.*, 2010).

2.5 INGREDIENTES SUBSTITUTOS PARA PRODUTOS ISENTOS DE GLÚTEN

A substituição do glúten em produtos de panificação normalmente é realizada por substâncias capazes de imitar suas propriedades viscoelásticas, visto que estas propriedades estão diretamente relacionadas à extensibilidade, coesividade, elasticidade e à retenção de ar da massa. Dentre estas substâncias destacam-se amidos, proteínas lácteas e não lácteas, enzimas, gomas, hidrocolóides e farinhas de pseudocereais (Gallagher *et al.*, 2004; Mariotti *et al.*, 2009; Naqash *et al.*, 2017).

2.5.1 Fontes Amiláceas

2.5.1.1 Amidos

O amido é um polissacarídeo de reserva de grande importância para os seres vivos. Com propriedades singulares, os amidos são capazes de integrar diversas formulações, em

especial na panificação. Este polissacarídeo possui estrutura granular e é composto principalmente por amilose e amilopectina, sendo que a relação desses componentes varia de acordo com o tipo de amido. Geralmente, a fração amilose e amilopectina oscila entre 25 a 28% e 72 a 75%, respectivamente (Parker e Ring, 2001).

Os grânulos de amido nativos são insolúveis em água fria e possuem diferentes formas e tamanhos dependendo da sua fonte botânica (Karlsson *et al.*, 1983). Segundo, Velicogna e Shea Miller (2016), o amido é classificado de acordo com a qualidade e o tamanho dos grânulos. Durante a moagem, cerca de 8% do amido dos grãos é danificado, isto é, a ação mecânica danifica a estrutura dos grânulos, resultando em grandes alterações às propriedades do amido. O amido danificado apresenta maior capacidade de retenção de água e é mais suscetível à hidrólise enzimática (Hoseney, 1994).

A capacidade de absorver água é a principal característica que torna este polissacarídeo tão importante para os usos culinários e industriais. Quando aquecido, em solução aquosa, o amido sofre uma transformação chamada de gelatinização, onde os grânulos incham de maneira ordenada e formam uma solução viscosa. A gelatinização também pode ser definida como um “colapso” dentro dos grânulos do polissacarídeo e para que ela ocorra é necessária à presença de água e aumento da temperatura do meio (Bemiller, 2011; Ai e Jane, 2018). Carlstedt *et al.* (2015), estudaram a gelatinização de grânulos de amido de batata nativo e constataram que quando a temperatura do meio atingiu 70°C todos os grânulos tinham gelatinizado. Além disso, o aumento do volume dos grânulos foi bastante significativo, resultando em grânulos de 50 a 150 vezes maiores do que o tamanho original.

Na panificação sem glúten, o amido é considerado um agente formador de estrutura e desempenha um papel importante para esse tipo de produto (Naqash *et al.*, 2017). Witczak *et al.* (2010), analisaram a influência da adição de diferentes tipos de maltodextrinas na qualidade e estabilidade de massa sem glúten e observaram que as maltodextrinas influenciam significativamente na gelatinização do amido, aumentando a temperatura de formação do gel e reduzindo a viscosidade da massa obtida, enfraquecendo a estrutura da mesma. Segundo estudo realizado por Ziobro *et al.* (2012) a adição de amido de milho modificado em formulação isenta de glúten resultou em um aumento do volume específico dos pães obtidos, além de uma maior maciez do miolo, quando comparada aos pães similares sem amido. Outros estudos demonstram que amidos pré-gelatinizados e hidrolisados de amido, como xarope de milho seco, apresentam potencial para compor formulações sem glúten (Witczak *et al.*, 2010; Pongjaruvat *et al.*, 2014).

2.5.2 Farinha de Arroz

O arroz (*Oryza sativa* L.) é considerado uma das culturas mais importantes do planeta, cultivado em todo mundo, é responsável por alimentar quase metade da população mundial (Wei e Huang, 2019). Segundo dados do USDA (2019a), o arroz está entre os três cereais mais cultivados no mundo, com produção mundial de aproximadamente 770 milhões de toneladas de arroz com casca, ou 500 milhões de toneladas de arroz polido, no ano de 2018.

A farinha de arroz é um produto obtido através da moagem dos grãos de arroz. Sua estrutura é composta, majoritariamente, por amido e por este motivo, é um produto com grande potencial para utilização em panificação sem glúten (Bao e Bergman, 2018). Amplamente utilizada como ingrediente em bebidas, sobremesas, molhos e alimentos sem glúten, a farinha de arroz possui propriedades bastante interessantes para a indústria de alimentos (Falade e Christopher, 2015). Baixa temperatura de gelatinização, alta capacidade de absorver água, potencial espessante, entre outros atributos, são algumas das características que tornam este ingrediente tão relevante (Tharise *et al.*, 2014; Ye *et al.*, 2016; Kraithong *et al.*, 2018).

Na panificação sem glúten, a farinha de arroz destaca-se como um dos principais substitutos da farinha de trigo. De coloração branca, sabor suave, propriedades hipoalergênicas e fácil digestibilidade pelos pacientes celíacos ou intolerantes ao glúten, essa farinha é muito utilizada para o desenvolvimento de produtos deste segmento (Rosell e Marco, 2008; Torbica *et al.*, 2010).

Demirkesen *et al.* (2010), estudaram as propriedades reológicas de formulações sem glúten que utilizavam farinha de arroz adicionada ou não de aditivos, e observaram que os pães formulados com emulsificantes obtiveram melhorias em características sensoriais e no volume específico. Yano *et al.* (2017), desenvolveram pães de arroz sem glúten e sem adição de aditivos, utilizando um tipo de emulsão e obtiveram pães de volume específico superiores ao padrão. Em um estudo realizado por Torbica *et al.* (2010) foram analisadas as propriedades reológicas, de textura e sensoriais de pães formulados com mesclas de farinha de arroz e trigo sarraceno, em diferentes proporções. Os autores constataram que as mesclas com maior proporção de farinha de arroz obtiveram resultados mais promissores. Com base nos diversos estudos que relacionam a farinha de arroz com a panificação sem glúten, é possível observar que este é um ingrediente muito importante para o segmento.

2.5.2 Fontes Proteicas

A adição de fontes proteicas, livres de glúten, em produtos de panificação pode ser utilizada para minimizar o impacto tecnológico da retirada do glúten dos mesmos (Da Rosa Machado e Thys, 2019). Em estudo realizado por Storck *et al.* (2013), foi analisado como o enriquecimento com caseína, albumina e transglutaminase influenciam na estrutura de pães sem glúten produzidos com farinha de arroz. Os resultados obtidos mostraram que a adição das proteínas influencia diretamente na textura da massa, além de melhorar a capacidade de gelatinização da farinha. Ademais, em proporções adequadas, os três ingredientes permitiram o desenvolvimento de pães sem glúten de maior volume específico e com menor dureza de miolo.

2.5.2.1 Proteínas Lácteas

Com aplicações em diversos produtos alimentícios, as proteínas lácteas são usadas na panificação devido a sua capacidade de melhorar nutricional e sensorialmente esses produtos (Matos *et al.*, 2014). De acordo com Naqash *et al.* (2017), as proteínas lácteas são conhecidas por aumentar a absorção de água nos produtos de panificação e, portanto, melhoram a manipulação da massa. Além disso, segundo os autores, ingredientes como caseínatos, proteína isolada do leite e proteína do soro do leite são capazes de melhorar as propriedades tecnológicas da massa em pães sem glúten.

De acordo com uma pesquisa realizada por Moore *et al.* (2004), a adição de leite em pó em formulações de pão sem glúten apresentou estruturas de miolo semelhantes às redes de glúten quando comparado ao pão padrão sem leite em pó. Van Riemsdijk *et al.* (2011), estudaram a adição de três suspensões diferentes de proteínas do soro de leite em pão sem glúten, com objetivo de simular uma massa elástica semelhante ao glúten. As suspensões foram adicionadas na forma de agregados de proteínas, gel de proteínas e partículas de proteína, sendo que, esta última apresentou os melhores resultados, mudando a estrutura da massa líquida para um material coesivo.

2.5.2.2 Ovo

O ovo não é considerado um ingrediente básico para panificação, entretanto, é bastante utilizado, pois tem a capacidade de melhorar diversos aspectos desses produtos. Além de proporcionar cor e sabor, o ovo auxilia na emulsificação e estabilização das gorduras e líquidos dos produtos de panificação. Composto por diversos nutrientes, ele é rico em proteínas de alta qualidade, com bom balanceamento de aminoácidos e alta digestibilidade,

vitaminas lipossolúveis, compostos antioxidantes, entre outros (Alleoni, 2006; Fernandez e Andersen, 2016).

Diversos estudos relatam o uso de ovo nas formulações de produtos isentos de glúten. Nozawa *et al.* (2016), estudaram a adição de ovo albumina em pães sem glúten, produzidos com leite de soja e observaram que adição de 1,25% ovo albumina na formulação promoveu uma melhor retenção dos gases no pão durante o cozimento. Além disso, em concentrações acima de 2,5% a proteína do ovo auxiliou no aumento do volume específico dos pães, mas também promoveu uma elevação na dureza da crosta. Dados de um estudo realizado por Han *et al.* (2019) que tinha como objetivo, avaliar o efeito da adição das proteínas da clara de ovo nas propriedades reológicas de pães sem glúten, mostrou que, em geral, a presença dessas proteínas influenciou, de maneira positiva, no aumento do volume específico e na homogeneidade de textura dos pães.

Em estudo realizado por Masure *et al.* (2019) foi avaliado o impacto da adição de clara de ovo em pó na formação de estrutura e firmeza do miolo em pães isentos de glúten. Os autores relataram que adição deste ingrediente promoveu melhorias na retenção de gás dos pães, um aumento no volume específico e uma menor firmeza do miolo. Com elevado poder coesivo, excelente capacidade de formação de espuma e estabilidade, as proteínas do ovo ajudam a melhorar tanto a qualidade organoléptica quanto a qualidade nutricional de produtos sem glúten (Han *et al.*, 2019).

2.5.2.3 Proteínas Vegetais

A adição de fontes proteicas de origem vegetal em produtos de panificação é bastante difundida. Com capacidade de influenciar na reologia da massa e melhorar aspectos nutricionais e sensoriais, essas proteínas são uma boa alternativa para o desenvolvimento de produtos sem glúten (Matos et al., 2014).

Com o objetivo de avaliar as consequências da suplementação de pães sem glúten com concentrados/isolados proteicos de ervilha e soja, Ziobro *et al.* (2013), observaram que os pães suplementados com proteína de ervilha apresentaram elevada aceitação sensorial, enquanto os pães adicionados de proteína de soja foram pouco aceitos pelos provadores. A adição das proteínas vegetais resultou em mudanças significativas na cor e textura do miolo dos pães, reduzindo a dureza dos mesmos, quando comparados ao pão padrão sem suplementação. Os autores indicam que esta condição, associada à redução de entalpia da amilopectina, poderia retardar o endurecimento dos pães durante o armazenamento e

aumentar sua vida útil. Matos *et al.* (2014), estudaram a adição de isolados de proteicos de soja e de ervilha em muffins sem glúten e observaram que ambas as proteínas influenciaram na reologia da massa. Entretanto, o isolado proteico de ervilha promoveu maior maciez e elasticidade nos muffins.

Em estudo realizado por Gómez e Martínez (2016) foram analisados os efeitos de diferentes farinhas de leguminosas na panificação sem glúten. Para realização das análises, quatro formulações foram propostas, apenas modificando a fonte vegetal das farinhas, sendo elas, farinha de grão de bico, farinha de alfarroba, isolado de ervilha e farinha de soja. Os pães com farinha de alfarroba apresentaram o menor volume específico do estudo enquanto, os pães adicionados de farinha de grão de bico obtiveram maior volume. Com base nos resultados, os autores indicam que a farinha de grão de bico é o ingrediente que apresentou características mais promissoras.

Shevkani *et al.* (2015), estudaram a aplicação de dois tipos da farinha de feijão-frade, branco e vermelho, em muffin sem glúten. Os autores observaram que a farinha de feijão-frade branco apresentou maior solubilidade, formação de espuma e emulsificação, quando comparada à farinha de feijão vermelho. A incorporação das farinhas de feijão-frade diminuiu a viscosidade e elasticidade da massa dos muffins, mas ao aumentar a concentração das farinhas para 8 g/100g parâmetros como firmeza, elasticidade, mastigabilidade e coesividade aumentaram significativamente.

2.5.3 Farinhas de Pseudocereais

Os pseudocereais são cultivados com a mesma finalidade dos cereais verdadeiros, mas se diferem por serem plantas dicotiledóneas, enquanto a maioria dos cereais como trigo, cevada, centeio, são monocotiledóneas. Esses “falsos cereais” são formados por três culturas, entre elas a quinoa, trigo sarraceno e amaranto. (Shewry, 2002; Alvarez-Jubete *et al.*, 2010). Diversos estudos têm indicado que a adição de farinhas de pseudocereais apresentam resultados positivos e promissores para panificação sem glúten, sendo adicionadas a essas formulações, para suplementar o teor e proteínas e nutrientes dos produtos (Zannini *et al.*, 2012; Naqash *et al.*, 2017).

2.5.3.1 Farinha de Trigo Sarraceno (*Fagopyrum esculentum*)

Por seu perfil balanceado de aminoácidos, o trigo sarraceno é considerado uma excelente fonte de proteína vegetal (Wei *et al.*, 1995). Também chamado de trigo mourisco,

esse pseudocereal, foi utilizado em um estudo realizado por Mariotti *et al.* (2013), que tinha o objetivo de avaliar o papel do trigo sarraceno nas propriedades da massa de pães sem glúten. Foram testadas dez formulações com diferentes quantidades de farinha de trigo sarraceno e observou-se que a adição de 40% da farinha, sobre o peso da farinha de arroz, melhorou o cozimento dos pães, bem como a reduziu o endurecimento dos mesmos durante o armazenamento.

Torbica *et al.* (2010), realizou um estudo para avaliar as propriedades reológicas, texturais e sensorias de pães sem glúten formulados com farinha de arroz e trigo sarraceno. Farinhas de trigo sarraceno com casca e sem casca foram utilizadas e os autores constataram que, os produtos com trigo sarraceno com casca apresentavam maior absorção de água, menor estabilidade e viscosidade, além de rede proteica mais frágil, quando comparados aos produtos que utilizavam trigo sarraceno sem casca. Em relação à aceitação sensorial, todas as formulações testadas foram aprovadas.

De acordo com estudo realizado por Alvarez-Jubete *et al.* (2010), a adição de farinhas de pseudocereais, entre eles trigo sarraceno, em pães sem glúten, resultou em pães de maior volume específico e maior maciez de miolo, característica atribuída a presença de emulsificantes naturais provenientes dos pseudo-cereais. Além disso, não foi observada diferença significativa, relacionada à aceitabilidade dos pães formulados com farinhas de pseudocereais, pelos consumidores, quando comparados a amostra controle.

2.5.3.1 Farinha de Quinoa (*Chenopodium quinoa*)

Originária dos Andes, a quinoa tem sido reconhecida como um pseudocereal bastante nutritivo e promissor para produtos sem glúten. Com elevado teor de proteínas e ácidos graxos, este pseudocereal, apresenta uma concentração de aminoácidos essenciais superior à farinha de trigo, especialmente em termos de lisina, que normalmente é o aminoácido limitante da maioria dos cereais (Stikic *et al.*, 2012).

Machado Alencar *et al.* (2015), estudaram a influência da adição de pseudocereais e edulcorantes em pães sem glúten, avaliando parâmetros de qualidade como, volume específico, cor, firmeza, atividade de água, composição centesimal, entre outros. Os resultados do estudo mostraram que os pães formulados com quinoa, amaranto e edulcorantes apresentaram maiores teores de proteínas, lipídeos e cinzas, quando comparados ao pão padrão (com açúcar demerara). Em relação aos parâmetros volume específico, firmeza e atividade de água as alterações não foram significativas.

Com objetivo de avaliar o impacto da adição de farinha de quinoa no volume e textura de pães sem glúten, Elgeti *et al.* (2014) realizaram um estudo para avaliar como diferentes concentrações desta farinha afetavam os parâmetros de qualidade do pão padrão, composto por farinha de arroz e amido de milho. Com base nos resultados obtidos, observou-se um aumento do volume específico dos pães, para todas as concentrações da farinha de quinoa, além disso, bolhas de gás mais homogêneas e melhor distribuídas foram alcançadas no miolo dos mesmos. Turkut *et al.* (2016), estudaram os efeitos da adição de farinha de quinoa, em diferentes concentrações, na qualidade reológica de pães sem glúten e observaram que a quantidade de farinha de quinoa não apresentou diferença significativa na perda de peso, volume específico e teor de proteínas. Entretanto, a adição de 25% de farinha de quinoa resultou em pães com escores sensoriais mais altos e textura mais macia.

2.5.4 Hidrocoloides

Os hidrocoloides são polissacarídeos, solúveis em água, com atributos estruturais capazes de simular em formulações isentas de glúten, características viscoelásticas de massa semelhantes à rede proteica. Em pães, os hidrocoloides, ou gomas como também são conhecidos, melhoram a textura, aumentam o teor de umidade e a qualidade geral dos produtos (Anton e Artfield, 2008; Masure *et al.*, 2016).

2.5.4.1 Goma Xantana

A goma xantana é um metabólito produzido pelo microrganismo *Xanthomonas campestris*, via fermentação. Por ser facilmente solúvel em água fria, além de possuir características pseudoplásticas e efeito sinérgico quando combinada à outras gomas, este hidrocoloide é amplamente utilizado na indústria de alimentos (Sworn, 2009). Os efeitos funcionais da adição de goma xantana em massa de pães, compostos por farinha de trigo e mandioca, foram estudados por Shittu *et al.* (2009). Os autores relataram que a inclusão de goma xantana, apresentou impacto significativo na tenacidade, extensibilidade de massa, bem como na aceitabilidade sensorial dos pães.

Lazaridou *et al.* (2007), avaliaram os efeitos na reologia da massa e nos parâmetros de qualidade de pães sem glúten, formulados com farinha de arroz e adicionados de diferentes hidrocoloides. Testes de farinografia e reometria revelaram que os pães com goma xantana apresentavam as melhores propriedades viscoelásticas, com curvas farinográficas bastante semelhante às curvas típicas de massas com glúten.

Em estudo realizado por Encina-Zelada *et al.* (2018), foi analisado o comportamento das propriedades de texturas e reológicas de pães sem glúten formulados com diferentes concentrações de goma xantana combinadas com variados teores de água. Para tal pesquisa, a concentração de goma xantana variava de 1,5% a 3,5% sobre o peso da mescla de farinhas de arroz, milho e quinoa, e os teores de água testados foram: 90%, 100%, e 110%. Com base nos resultados, os autores observaram que os pães com maiores volumes específicos, menores dureza de miolo e maiores elasticidades foram obtidos a partir das formulações com 110% de água e valores de goma xantana entre 1,5% e 2,5%, demonstrando que este polissacarídeo, quando adicionado na dosagem correta, é um importante ingrediente para produtos isentos de glúten.

2.5.4.2 Goma Guar

Obtida do endosperma de uma leguminosa, originária da Índia, a goma guar é uma fibra alimentar dietética utilizada pela indústria de alimentos como espessante, estabilizante e/ou emulsificante (Rayment e Ellis, 2003). Moreira *et al.* (2013), estudaram os efeitos da adição de goma guar e hidroxipropilmetilcelulose, em diferentes concentrações, na reologia da massa de pães sem glúten formulados com farinha de castanha e chia. Os resultados obtidos mostraram que a presença de 1,0% de goma guar, sobre o peso da farinha, melhorou significativamente a elasticidade da massa.

O desenvolvimento de pães sem glúten adicionados de goma guar e transglutaminase também foi avaliado por Mohammadi *et al.* (2015). Os autores observaram que a incorporação de goma guar aumentou o volume específico dos pães e diminuiu a sua dureza no dia posterior ao cozimento, quando comparados à formulação controle.

2.5.4.3 Goma Carragena

A carragena é um polissacarídeo, de alto peso molecular, obtido de algas marinhas. Por apresentar capacidade gelificante, espessante e emulsificante, é considerado um ingrediente de grande importância para indústria alimentícia (Qin, 2018).

Carragena e outros hidrocoloides foram utilizados para produzir pães sem glúten em estudo realizado por Guarda *et al.* (2004). Parâmetros como, umidade, dureza, volume específico e aceitabilidade sensorial foram analisados e, com base nos resultados, os autores constataram que concentrações de 0,1% (sobre peso da farinha) dos hidrocoloides já eram suficientes para observação de efeitos positivos. Sciarini *et al.* (2010), estudaram a adição de

diferentes gomas, entre eles goma carragena, em pães sem glúten formulados com farinhas de arroz, milho e soja e observaram que a adição de hidrocoloides aumentou o volume específico dos pães, além de melhorar características de textura e retardar o endurecimento dos mesmos.

2.5.4.4 Carboximetilcelulose (CMC)

Carboximetilcelulose é um éter derivado da celulose, obtido pela substituição parcial dos grupos hidroxila da mesma. Solúvel em água, este derivado, é muito utilizado pelas indústrias farmacêuticas e alimentícias (Van Ginkel, 2007). Na panificação sem glúten, Cato *et al.* (2004), estudaram a adição de carboximetilcelulose (CMC), hidroxipropilmetilcelulose (HPMC) e goma guar em pães de arroz e fécula de batata. Quando comparados ao padrão, os pães produzidos a partir de uma combinação de CMC e HPCM apresentaram maiores potenciais reológicos, visto que, os hidrocoloides combinados acrescentaram à massa características viscoelásticas importantes para obtenção de pães sem glúten de qualidade.

Os efeitos da inclusão de diferentes concentrações de CMC e goma xantana em pães de arroz foram analisados por Mohammadi *et al.* (2014). Ao elevar a concentração de carboximetilcelulose nos pães, os autores observaram que a porosidade do miolo aumentava. Em tempo, a formulação composta por 10g/kg de goma xantana e 10 g/kg de CMC foi a que apresentou, segundo os autores, resultados mais satisfatórios e promissores.

Nicolae *et al.* (2016), avaliaram o impacto da adição de diferentes porcentagens de carboximetilcelulose de sódio (NaCMC) à formulações de pães sem glúten, para simular as propriedades reológicas da rede proteica. Os pães com 0,5% e 1,0% de NaCMC, apresentaram maiores teores de absorção de água, além de significativo aumento de volume específico quando comparados ao pão padrão. Os autores concluíram então, que a adição de NaCMC, melhorou as características viscoelásticas dos pães.

2.5.4.5 Hidroxipropilmetilcelulose (HPMC)

O HPMC é um polímero hidrossolúvel obtido por modificação química da molécula de celulose. Com grande capacidade de reter água em temperaturas baixas e formação de gel de estrutura forte, em temperaturas mais elevadas, HPMC é um éter de celulose bastante utilizado na indústria de alimentos (Rosell *et al.*, 2001; Hager e Arendt, 2013). A formação de rede de gel termorreversível foi avaliada por Sabanis e Tzia (2011) no desenvolvimento de pães sem glúten à base de arroz e amido de milho. Parâmetros como volume específico, firmeza do miolo e aceitabilidade geral foram analisados pelos autores, que constataram que

na concentração de 1,5% de HPMC, sobre o peso da farinha, o hidrocoloide acrescentava aos pães uma estrutura mais aerada e uniforme, resultando em produtos de melhor qualidade.

Hager e Arendt (2013), estudaram a influência do HPMC e goma xantana no volume específico, dureza e características granulométricas de pães sem glúten produzidos com diferentes farinhas. Farinha de arroz, teff, milho e trigo sarraceno foram utilizadas para formular os pães e no caso do volume específico, o HPCM demonstrou efeito positivo apenas para farinha de teff e milho. Em relação à dureza, o hidrocoloide apresentou potencial para ser utilizado em todas as farinhas.

2.5.5 Enzimas

Algumas enzimas são capazes de melhorar aspectos reológicos e sensoriais em diversos produtos. Na panificação sem glúten, as enzimas demonstram potencial para auxiliar na funcionalidade proteica de farinha isentas da substância, simulando, na massa, condições semelhantes à rede proteica obtida pelo glúten (Naqash *et al.*, 2017).

2.5.5.1 Amilase

A α -amilase possui a capacidade de hidrolisar as ligações α -1-4 glicosídicas de polímeros de amido, resultando em polissacarídeos e dextrinas de baixo peso molecular. Já a β -amilase reduz ainda mais o peso molecular dos polissacarídeos, o que conseqüentemente, aumenta a concentração de açúcares fermentáveis disponíveis para a fermentação (Tebben *et al.*, 2018).

Haghighat-Kharazi *et al.* (2018), estudaram a adição de α -amilase, encapsulada em cera de abelha, na produção de pães sem glúten. Os pães com enzima foram comparados à amostra controle, sem enzima, através de análises reométricas, texturais e avaliação sensorial. Os resultados do estudo sugerem que o tratamento enzimático é eficiente para retardar o endurecimento dos pães, durante o armazenamento, além de melhorar a qualidade sensorial dos mesmos. Pães sem glúten, produzidos com amilase maltogênica, apresentaram menor perda de peso, maior uniformidade nos alvéolos do miolo, além de maior maciez quando comparados a pães sem glúten não adicionados de enzimas, com base no estudo executado por Haghighat-Kharazi *et al.* (2019).

2.5.5.2 Protease

A enzima protease possui a capacidade de hidrolisar proteínas em polipeptídios de diversos tamanhos, sendo considerada um catalizador deste processo que ocorre naturalmente durante a fermentação (Schober *et al.*, 2007; Renzetti e Arendt, 2009).

Protease comercial de *Bacillus stearothermophilus* foi acrescentada a pães de arroz, sem glúten, em estudo realizado por Kawamura-Konishi *et al.* (2013). Os autores relataram que os pães acrescidos da enzima, apresentavam miolo mais uniforme, maior volume específico, elevada maciez e redução da taxa de endurecimento durante o armazenamento. Hamada *et al.* (2013), também estudaram os efeitos da adição de protease, desta vez, obtida de *Aspergillus oryzae*, em pães isentos de glúten, e igualmente, concluíram que a enzima, afetou positivamente as características reológicas da massa, melhorando a retenção de gás antes do cozimento.

2.5.5.3 Transglutaminase

A transglutaminase é uma enzima capaz de introduzir ligações cruzadas covalentes entre proteínas, desta forma, em pães é capaz de fortalecer a rede de glúten e em pães sem glúten auxilia no desenvolvimento de estruturas proteicas similares as formadas pelo glúten (Collar e Bollaín, 2005; Renzetti *et al.*, 2008).

Reologia de massa, textura e microestrutura foram aspectos avaliados em estudo realizado por Renzetti *et al.* (2008). Os pães foram preparados com diferentes farinhas isentas de glúten e acrescidos com transglutaminase microbiana e os resultados obtidos indicaram que a enzima pode ser aplicada com sucesso em diferentes farinhas promovendo a formação de redes proteicas semelhantes à rede do glúten. Segundo Mohammadi *et al.* (2015), a adição de transglutaminase microbiana combinada com goma guar, resulta em pães sem glúten mais macios, de miolo uniforme e com menor taxa de endurecimento durante o armazenamento.

2.5.6 Emulsificantes

Os emulsificantes são substâncias bastante utilizadas na indústria de panificação, por apresentarem a capacidade de melhorar características importantes na reologia da massa, como fortalecimento de massa e maciez de miolo (Tebben *et al.*, 2018). Na literatura os emulsificantes são considerados agentes tensoativos, pois devido as suas características lipofílicas e hidrofílicas, são capazes de reduzir a tensão superficial entre duas fases normalmente imiscíveis, de forma a unir ambas (Stampfli e Nersten, 1995).

Ésteres diacetiltartáricos de monoglicerídeos (DATEM) e enzimas lipases foram combinados para produzir pães de farinha de trigo por Moayedallaie *et al.* (2010). Aspectos como textura, volume, cor, sabor e aroma foram avaliados e os resultados obtidos indicaram que a combinação de DATEM e enzimas foi positiva, acarretando em pães de qualidade superior.

Segundo estudo realizado por Demirkesen *et al.* (2010), a inserção do emulsificante éster diacetiltartárico de monoglicerídeos (DATEM), em pães sem glúten de arroz, adicionados de gomas, resultou em um aumento significativo do volume e maior aceitabilidade sensorial dos pães.

Onyango *et al.* (2009), analisaram a adição dos emulsificantes monoestearato de glicerol (GMS), ésteres de estearoil-2-lactilato de sódio (SSL) e ácido diacetil-tartárico de mono- e diglicéridos (DATEM) e estearoil-2-lactilato de cálcio (CSL) em pães sem glúten formulados com sorgo e amido de mandioca. Os autores relataram que a adição dos emulsificantes reduziu a firmeza do miolo nos pães, entretanto, os mesmos se tornaram mais quebradiços e difíceis de manusear, com exceção aos pães tratados com DATEM.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

O objetivo do presente estudo foi a avaliação dos efeitos da adição de concentrado proteico de girassol, em pães sem glúten, através de parâmetros de qualidade como volume específico, textura, perda de peso, estrutura interna de miolo e aceitação sensorial.

3.2 Objetivos Específicos

- Determinar a capacidade de retenção de água e óleo do concentrado proteico de girassol;
- Desenvolver pães sem glúten com concentrado proteico de girassol e compará-los tecnologicamente a pães sem glúten formulados com farinha de ervilha;
- Avaliar características como: volume específico, perda de peso, estrutura interna, textura dos pães com concentrado proteico de girassol e dos pães padrão (farinha de ervilha);
- Realizar análise sensorial dos pães formulados com concentrado proteico de girassol para selecionar a amostra mais aceita pelos provadores;
- Analisar a composição nutricional do pão com melhores resultados nas análises anteriores e compará-la à amostra padrão.

4 ARTIGO

Neste capítulo será apresentado o artigo do presente trabalho.

Avaliação dos efeitos da adição de concentrado proteico de girassol nos parâmetro de qualidade de pão sem glúten

Caroline Zampronio Zorzi¹ Simone Hickmann Flores², Roberta Cruz Silveira Thys²

RESUMO

O aumento da demanda global por produtos isentos de glúten têm resultado em um grande desafio tecnológico para as indústrias de panificação: produzir pães sem glúten com qualidade semelhante aos pães tradicionais com glúten. A rede proteica formada pelo glúten confere aos pães características reológicas únicas, além de interferir diretamente na retenção de umidade e retenção de dióxido de carbono dos mesmos, aspectos extremantes importantes para a qualidade final das massas levedadas. Este estudo teve como objetivo analisar os efeitos da adição de diferentes concentrações de concentrado proteico de girassol, proveniente do resíduo do processamento do óleo de girassol, nos parâmetros de qualidade de pães sem glúten, formulados com farinha de arroz e amido de milho, a fim de compará-los a pães produzidos com farinha de ervilha, tradicionalmente utilizada como fonte proteica em produtos livres de glúten. As concentrações das fontes proteicas testadas foram 5%, 10% e 20% sobre o peso da mistura de farinha de arroz e amido de milho, e os parâmetros de qualidade como volume específico, firmeza, elasticidade e coesividade foram avaliados durante 21 dias de armazenamento. Os resultados obtidos demonstram que o concentrado proteico de girassol, possui grande potencial para produzir pães sem glúten de elevada qualidade tecnológica e aceitabilidade sensorial. A adição do novo ingrediente, em todas as concentrações, resultou em pães de firmeza superior no primeiro dia de análise, quando comparados às amostras padrão, com farinha de ervilha, entretanto durante o armazenamento, todos os pães formulados concentrado proteico de girassol, apresentaram redução significativa no parâmetro dureza, enquanto que os pães com farinha de ervilha tiveram sua dureza aumentada. Além disso, pelo seu elevado teor de proteínas, a inserção do concentrado proteico de girassol, resultou em pães com praticamente o dobro de proteínas quando comparados ao pão de ervilha (padrão) de mesma concentração.

Palavras-Chave: Pão sem glúten. Girassol. Proteína Vegetal. Firmeza.

ABSTRACT

An increase on the global demand for gluten-free products has led to a big technological challenge for the bakery industry: producing gluten-free breads with similar quality to traditional gluten-based breads. The protein network formed by gluten confers breads unique rheological characteristics, besides interfering directly on moisture and carbon dioxide retention, where both are extremely important aspects for the final quality of leavened doughs. This study aimed to analyze the effects of different concentrations of sunflower protein concentrate addition, from the sunflower oil process residue, on the gluten-free breads quality parameters, formulated with rice flour and cornstarch, in order to compare them to pea flour-based breads, traditionally used as protein source in gluten-free products. The protein source concentrations were 5%, 10% e 20% on mixed-flour basis (rice flour and cornstarch), and the quality parameters as specific volume, hardness, springiness and cohesiveness were evaluated during 21 storage days. The obtained results demonstrated that sunflower protein concentrate has a huge potential to produce gluten-free breads with high technological quality and sensorial acceptability. The new ingredient addition, in all concentrations, resulted in breads with higher hardness on the first day of analysis, when compared to control sample with pea flour. However, during storage, all breads formulated with sunflower protein concentrate showed a significant reduction on hardness parameter, while breads based on pea flour increased their hardness. Moreover, by its high protein content, sunflower protein concentrate insertion resulted in breads with twice the protein when compared to pea-breads (control) with the same concentration.

Key words: Gluten free bread. Sunflower. Vegetable protein. Firmness.

INTRODUÇÃO

O crescente interesse por alimentos sem glúten resultou na uma expansão rápida e significativa do mercado deste segmento. Enfermidades relacionadas ao consumo do mesmo, como doença celíaca, dermatite herpetiforme, sensibilidade ao glúten não celíaca, entre outras, são consideradas uma, mas não a principal causa da ascensão deste setor (Xhakollari *et al.*, 2019). De acordo com dados do Euromonitor Internacional (2019), a categoria de alimentos “livres de”, que engloba os produtos isentos de glúten, está entre as cinco principais tendências, de consumo de alimentos saudáveis do mundo. Estima-se que 1% da população mundial seja celíaca e cerca de 6% apresente sensibilidade ao glúten não celíaca, entretanto, o mercado de produtos sem glúten deve crescer entre 35% a 40% até 2022 (Rewers, 2005; Czaja-Bulsa, 2015).

O desenvolvimento de produtos sem glúten é considerado um grande desafio tecnológico para indústria de panificação (Wang *et al.*, 2017). Com características viscoelásticas únicas, alta capacidade de retenção de gás e grande influência na coesividade/extensibilidade, o glúten é considerado uma complexa rede de proteínas, essencial para a construção da estrutura de massas, especialmente as levedadas (Mariotti *et al.*, 2009; Hager *et al.*, 2012; Batey e Huang, 2016). Formulações livres da rede proteica, geralmente, resultam em pães de massa líquida, que após o cozimento apresentam textura quebradiça, cor pálida, baixo volume, entre outros defeitos reológicos e sensoriais (Gallagher *et al.*, 2004; Taylor e Rosell, 2016).

A substituição do glúten em produtos de panificação é, normalmente, realizada pela inclusão de substâncias capazes de simular na massa características reológicas semelhantes ao mesmo. Dentre estas substâncias, destacam-se os amidos, as proteínas lácteas e não lácteas, enzimas, gomas, hidrocoloides e farinhas de pseudocereais (Mariotti *et al.*, 2009; Naqash *et al.*, 2017). Com a capacidade de auxiliar na retenção de água e viscoelasticidade de massa, além de melhorar aspectos nutricionais e sensoriais, as proteínas de origem vegetal são uma alternativa bastante interessante para o desenvolvimento de produtos sem glúten (Matos *et al.*, 2014). Aspectos como, retenção dos gases da fermentação, emulsificação da massa e formação de espuma, também são afetados com a adição de fontes proteicas animais ou vegetais isentas de glúten (Ziobro *et al.*, 2013).

Conforme dados do USDA (2019), a semente de girassol está entre as oleaginosas mais cultivadas no mundo, com produção mundial superior a 51 milhões de toneladas no ano de 2018. Isto se deve especialmente à elevada qualidade do óleo comestível extraído das sementes e, também, por ser considerada uma alternativa sustentável para extração de óleo

aditivo para produção de biodiesel. A fração residente na prensa, após a extração do óleo, chamada de torta, é considerada um subproduto rico nutricionalmente, composto por cerca de 20 – 60% de proteína, 5 – 35% de fibras (proveniente das cascas remanescentes) e 3 - 5% de gordura residual, porém geralmente, essa fração é subutilizada como ração animal (González-Pérez e Vereijken, 2007; Pedroche, 2015). O concentrado proteico de girassol, constituído por mais de 80% de proteínas, é um produto extraído da torta e pode ser aplicado como fonte de proteína em alimentos, inclusive em pães sem glúten.

Por se tratar de uma fonte proteica de alta qualidade, além de representar uma alternativa para a utilização de um resíduo de processamento industrial, o objetivo deste estudo foi determinar a capacidade de retenção óleo e água do concentrado proteico de girassol e avaliar sua incorporação em pães sem glúten através de parâmetros físicos (cor, textura, características do miolo e volume) e sensoriais, os comparado com pães formulados com a inclusão de farinha de ervilha como fonte de proteína.

MATERIAIS E MÉTODOS

Matérias-primas e Ingredientes

Os ingredientes foram adquiridos em mercados locais da cidade de Porto Alegre (RS/Brasil), sendo eles, farinha de arroz (© Cereais Maninho, Sertão Santana, Brasil), amido de milho (AMAFIL[®] Alimentos, Cianorte, Brasil), farinha de ervilha (Fritz & Frida, ©Fröhlich S/A Ind. e Comércio de Cereais, Ivoti, Brasil), açúcar refinado (Guarani, ©Tereos Açúcar e Energia Brasil S/A, Olímpia, Brasil), sal refinado iodado (DIANA[®], ©Romani S/A Indústria e Comércio de Sal, Prado Velho, Brasil), óleo de canola (Lilás, ©Celena Alimentos S/A, Elorado do Sul, Brasil), fermento biológico (Fleishmann[®], ©AB Brasil Indústria e Comércio de Alimentos Ltda, Sorocaba, Brasil). Também foram adicionados aos pães aditivos como, goma xantana (ER Atacado, Santa Cruz do Sul), carboximetilcelulose (Mix Indústria de Produtos Alimentícios, São Bernardo do Campo, Brasil) e monodiglicerídeos de ácidos graxos (Granolab, Curitiba, Brasil). Além disso, a amostra de concentrado proteico de girassol (SunProtein[™], BioTechnologies LLC, AltaiRepublic, Russia) aplicada neste estudo, foi doada pela empresa Argon Chemical, localizada em Barueri, SP, Brasil, que fornece diversos insumos para indústrias alimentícias, cosméticas, farmacêuticas e de tratamento de água.

O concentrado proteico de girassol, ou SunProtein como é chamado comercialmente, utilizado neste estudo é produzido pela Bio Technologies LLC, empresa russa, que utiliza a

torta do óleo, para extração do produto. Durante o processo, num primeiro momento, a torta é exposta a uma solução água-alcalina e posteriormente ocorre uma ultrafiltração por membranas, para que o produto obtido seja de alta qualidade, com alto teor de proteínas (mín. 80%), alta digestibilidade (95%) e livre de alergênicos (Bio Technologies LLC, 2019). Além disso, a empresa produtora é certificada pela FSSC 2200 (Sun Protein..., 2019), o que garante uma maior qualidade aos produtos. A composição do produto, em base seca, foi obtida através de laudo técnico fornecido pela empresa produtora, sendo composto por (g/100g): carboidratos - 1,5; proteína - 82; lipídios - 1; fibra alimentares - 0,30 e cinzas - 7,2.

Em relação aos outros ingredientes utilizados para a produção dos pães, a composição química (g/100g) da farinha de ervilha, utilizada como controle neste estudo foi obtida através da tabela de informação nutricional disposta na embalagem do produto, sendo a farinha composta por: carboidratos - 61,7; proteína - 23,3; lipídios - 2 e fibras alimentares - 4,7. O mesmo método foi utilizado para determinar a composição química (g/100) das demais matérias-primas utilizadas, sendo elas: Farinha de arroz: carboidratos - 78; proteína - 6,0; lipídios - 0,0; fibra alimentar - 1,4; Amido de milho: carboidratos - 85; proteína - 0,0; lipídios - 0,0; fibras alimentares - 3,0; Açúcar: carboidratos - 100; proteína - 0,0; lipídios - 0,0; fibras alimentares - 0,0; Sal: carboidratos - 0,0; proteína - 0,0; lipídios - 0,0; fibras alimentares - 0,0.

Retenção de óleo e água do concentrado proteico de girassol

Análises foram realizadas para determinação da retenção de óleo e água (CRO e CRA) do produto, conforme método descrito por Kabirullah e Wills (1982). Para execução da análise, 1g de concentrado proteico de girassol foi adicionado a tubos de centrífuga contendo 10 mL de água destilada (para CRA) ou óleo (para CRO). Os tubos foram inicialmente agitados e deixados em repouso por 30 minutos, ao final deste período, foram centrifugados por 20 minutos a 3500 rev/minutos. Após centrifugação, o sobrenadante foi removido e os valores de CRO/CRA obtidos pela diferença entre o peso dos tubos antes e após a retirada do sobrenadante.

Formulações e processo de produção dos pães

Os pães utilizados neste estudo foram formulados e adaptados, de formulações utilizadas por Da Rosa Machado e Thys (2019) em estudo realizado para analisar os efeitos da adição de farinha de grilo, altamente proteica, na produção de pães sem glúten. Conforme Tabela 2, os pães controles foram produzidos com farinha de ervilha como fonte de proteína e

comparados com pães adicionados de concentrado proteico de girassol. A farinha de ervilha e o concentrado proteico de girassol foram adicionados nas concentrações de 5%, 10% e 20%, sobre o peso da mistura composta por farinha de arroz e amido de milho. Ao total foram realizadas seis formulações.

Tabela 2 – Formulações dos pães controle e com adição de concentrado proteico de girassol.

Ingredientes (% sobre peso da mistura de farinha de arroz e amido de milho)	Pão Controle			Pão com Concentrado Proteico de Girassol		
Farinha de Arroz	70	70	70	70	70	70
Amido de milho	30	30	30	30	30	30
Concentrado proteico de girassol	-	-	-	5	10	20
Farinha de Ervilha	5	10	20	-	-	-
Açúcar	2	2	2	2	2	2
Óleo de Canola	4	4	4	4	4	4
Sal	2	2	2	2	2	2
Fermento Biológico	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Monodiglicerídeos	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Goma Xantana	1	1	1	1	1	1
CMC	1	1	1	1	1	1
Água	150	150	150	150	156 ^a	163 ^a

^a Para as formulações contendo 10% e 20% de concentrado proteico de girassol, foi adicionado um teor de água maior, para obtenção da viscosidade padrão da massa líquida (dados não apresentados).

As massas dos pães foram misturadas em batedeira planetária, na velocidade 5 por 5 minutos, dosadas (175 g) em assadeiras e colocadas na câmara fermentadora (Venâncio, Crescepão, Brasil) por 40 minutos a 32 ° C e 80% de umidade relativa. Os pães foram assados em forno turbo elétrico (Tedesco, FTT 150E, Brasil) por 13 minutos a 200 °C. Após assados, os mesmos foram retirados das assadeiras e resfriados à temperatura ambiente por 1 hora para realização das análises de cor, volume, textura e sensorial. Os pães analisados após 7, 14 e 21 dias foram armazenados em embalagens plásticas, com barreiras à umidade e ao oxigênio, até a data das análises.

Caracterização dos pães

A perda de peso (WL%) dos pães foi avaliada através da diferença entre o peso da massa crua (Wbb) e peso das amostras posterior ao período de uma hora pós assamento

(Wab), conforme a seguinte fórmula: $WL\% = [(Wbb - Wab) / (Wab)] * 100$ (Demirkesen *et al.*, 2013).

A determinação do volume específico dos pães ocorreu conforme análise descrita por (Silva *et al.*, 1998). O método utiliza o deslocamento das sementes de painço, isto é, o pão a ser analisado foi colocado dentro de uma cápsula de alumínio e as sementes de painço despejadas até atingir uma medida previamente definida. A cápsula foi então, nivelada e o volume das sementes utilizadas medido com auxílio de uma proveta. A partir da equação, Volume específico (cm^3/g) = Volume do pão (cm^3)/peso do pão (g), obteve-se o volume específico de cada um dos pães e esta análise foi realizada, em triplicata, para cada formulação, durante 21 dias, com intervalos de sete dias entre cada avaliação.

Crosta e miolo foram avaliados, em relação à cor, com auxílio de um foto-colorímetro Chroma (Minolta®, CR400, Japão), utilizando a escala cores L^* , a^* e b^* e os resultados expressos a partir da média da triplicata de cada formulação (Shen *et al.*, 2018).

O perfil de textura (TPA) dos pães foi analisado utilizando um texturômetro (Stable Micro Systems, TA-XT Plus, Reino Unido) equipado com probe cilíndrico de 36 mm para análises de miolo e célula de carga de 50 kg para análises de crosta, com velocidade de pré-teste: 2,00 mm/s, velocidade de teste: 1,7 mm/s, velocidade de pós-teste: 2,00 mm/s e compressão ajustada em 40%. A partir dos dados obtidos, determinou-se a dureza, elasticidade e coesão dos pães. Para resultados mais abrangentes, a análise foi realizada pelo período de 21 dias para cada formulação, com intervalo de sete dias entre cada avaliação.

O software ImageJ v.1.52 (National Institutes of Health, EUA) foi empregado para avaliar a estrutura interna do miolo dos pães, isto é, três pães de cada formulação foram fatiados, fotografados e analisados utilizando um único campo de visão. Dados como, % poros maiores que 5 mm, densidade celular (células de gás/ cm^2) e porosidade da fatia (área de células gasosas/área da fatia) foram extraídos utilizando este sistema operacional (Da Rosa Machado e Thys, 2019).

A composição nutricional dos pães foi calculada utilizando dados da Tabela Brasileira de Composição de Alimentos, TACO (2011).

Análise sensorial dos pães

Com objetivo de selecionar a amostra mais aceita, apenas os pães formulados com concentrado proteico de girassol foram analisados sensorialmente. Atributos como aparência, textura, cor, aroma, sabor, sabor residual e aceitação global dos pães foram avaliados através de análise sensorial realizada no Laboratório de Análise Sensorial do Instituto de Ciência e

Tecnologia de Alimento (ICTA), localizado na cidade de Porto Alegre, RS. Participaram da análise 51 provadores, com idade entre 58 e 19 anos, os mesmos receberam uma amostra de cada pão (aproximadamente 25 g) contendo 5%, 10% e 20% de concentrado proteico de girassol e avaliaram os atributos em uma escala hedônica que variava entre 1 e 9, onde 1 representava “desgostei muitíssimo” e 9 “gostei muitíssimo”. Os resultados foram avaliados através da análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey para diferença de médias, a 5% de significância. Para avaliação da intenção de compra dos pães foi questionada aos participantes qual produto eles comprariam e calculado o percentual de respostas positivas para cada formulação. O índice de aceitabilidade do produto foi calculado utilizando a expressão abaixo:

$$IA (\%) = A*100/B$$

Onde A representa a média das notas obtidas pelo atributo e B a nota máxima obtida pelo mesmo, com isso para que um produto seja considerado aceito para seguir para etapa de teste de mercado, é necessário que o IA seja superior a 70% (Teixeira et. al 1987).

Análise Estatística

Para a realização deste estudo, todas as análises foram realizadas em triplicata. Os resultados foram analisados utilizando a avaliação de variância de um fator (ANOVA) a 5% de significância e para a obtenção da diferença das médias, foi aplicado o Teste de Tukey com nível de significância de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Capacidade de retenção de água e óleo

As principais propriedades funcionais das proteínas estão relacionadas à sua interação com água, sendo a capacidade de retenção de água uma das características mais importantes das mesmas. Esta característica mede a eficiência da proteína em impedir que a água seja liberada da estrutura proteica e é de extrema relevância para desenvolvimento da textura de alimentos, como massas e produtos cárneos (Zayas, 1997b).

Assim como a interação água e proteína, a capacidade proteica de reter e absorver gordura também influencia diretamente nos aspectos sensoriais e de textura das formulações. A retenção de gordura por proteínas depende do tipo de proteína, parâmetros de

processamento, tamanho das micelas de gordura e temperatura empregada (Zayas, 1997a; Haque *et al.*, 2016).

Kabirullah e Wills (1982), realizaram um estudo para avaliar as propriedades funcionais do isolado de proteína de girassol acetilado e succinilado comparando-os com isolado proteico padrão. Os autores analisaram as capacidades de retenção de óleo e gordura das amostras obtendo, a absorção de 5,31 g de água/g de isolado de girassol padrão, 5,94 g de água/g isolado proteico 85% acetilado e 6,24 g de água/g de isolado proteico 87% succinilado. Quanto à absorção de gordura, os autores utilizaram óleo de soja para realizar o experimento e os resultados obtidos foram: 3,76 g de óleo de soja/g de isolado proteico padrão, 4,43 g de óleo/g de isolado proteico 85% acetilado e 5,99 g de óleo/g de isolado 87% succinilado.

O concentrado proteico de girassol, utilizado neste estudo, apresentou capacidade retenção equivalente a $6,12 \pm 0,06$ g de água/g de concentrado e $7,40 \pm 0,14$ g de óleo/g de concentrando, sendo, portanto, superior à maioria dos valores encontrados por Kabirullah e Wills (1982) e ao relatado por Raikos *et al.* (2014), para farinhas comumente utilizadas na panificação sem glúten como farinha de ervilha (1,25 g de água/g de farinha) e farinha de trigo sarraceno (1,5 g de água/g de farinha). Os resultados obtidos para retenção de óleo e água indicam um elevado potencial da utilização do concentrado proteico de girassol em produtos de panificação, visto que a alta CRA e CRO do produto prendem, na estrutura proteica, o óleo e água, o que interfere diretamente nas características reológicas dos produtos.

Avaliação da qualidade dos pães

Cor do miolo e da crosta

A Tabela 3 apresenta os resultados das análises de cor para os pães formulados com, 5%, 10% e 20% de concentrado proteico de girassol e compara os dados com as formulações padrões, de mesmas proporções, elaborados com farinha de ervilha.

Em relação ao miolo, todos os pães formulados com farinha de ervilha apresentaram uma leve tendência ao esverdeado (a^*), sendo que esta tendência foi intensificada com aumento da quantidade de farinha de ervilha nos pães. Já para as amostras contendo proteína de girassol, observa-se uma inclinação do miolo dos pães para o avermelhado (a^*) e, assim como para a farinha de ervilha, esta característica também foi intensificada nos pães com maiores quantidades de concentrado proteico de girassol. Quanto à luminosidade (L) do

miolo, é possível observar que a adição de 20% de farinha de ervilha resultou em uma redução de luminosidade dos pães quando comparados aos pães com 5 e 10% de farinha de ervilha e o mesmo comportamento pode ser observado nos pães formulados com 20% de concentrado proteico de girassol. A luminosidade da crosta dos pães com 5% e 10% de farinha de ervilha foram os que apresentaram valores de luminosidade mais elevados, enquanto o pão com 20% de concentrado proteico de girassol foi o menos luminoso possivelmente devido à pigmentação escura do concentrado. Para todos os pães do experimento, verifica-se uma coloração de crosta tendendo ao avermelhado, sendo que na amostra com 20% de farinha de ervilha, essa característica é bastante pronunciada.

Tabela 3 - Parâmetros de cor obtidos para miolo e crosta dos pães enriquecidos com diferentes concentrações de farinha de ervilha e concentrado proteico de girassol.

	Cor do Miolo			Cor da Crosta		
	L*	a *	b*	L*	a *	b*
Ervilha 5%	70,06 ± 0,63 ^a	-2,42 ± 0,03 ^d	9,05 ± 0,25 ^f	70,75 ± 4,02 ^a	1,33 ± 0,08 ^f	11,55 ± 0,20 ^d
Ervilha 10%	75,02 ± 2,64 ^a	-2,80 ± 0,11 ^e	11,23 ± 0,11 ^e	62,14 ± 0,87 ^b	3,04 ± 0,29 ^d	19,01 ± 1,07 ^a
Ervilha 20%	62,02 ± 1,02 ^b	-3,34 ± 0,01 ^f	13,85 ± 0,13 ^d	47,14 ± 0,75 ^d	8,06 ± 0,34 ^a	18,51 ± 0,26 ^a
Girassol 5%	50,20 ± 1,28 ^c	0,14 ± 0,03 ^c	12,31 ± 0,26 ^c	51,70 ± 0,55 ^c	2,40 ± 0,12 ^e	14,81 ± 0,12 ^c
Girassol 10%	49,74 ± 0,06 ^c	1,58 ± 0,05 ^b	14,43 ± 0,15 ^b	46,94 ± 2,42 ^d	4,30 ± 0,06 ^c	15,29 ± 0,37 ^c
Girassol 20%	36,36 ± 0,32 ^d	2,48 ± 0,05 ^a	15,89 ± 0,42 ^a	35,97 ± 0,02 ^e	4,67 ± 0,15 ^b	16,85 ± 0,21 ^b

Os valores marcados com letras diferentes na mesma coluna apresentam diferença significativa (p<0,05)

De maneira geral, as amostras contendo concentrado proteico de girassol apresentaram uma redução da luminosidade do miolo e da crosta, isto se deve a coloração escura do concentrado proteico de girassol, acarretando em produtos mais escuros que podem ser associados positivamente pelo consumidor a pães integrais (Koletta *et al.*, 2014).

Perda de peso no cozimento, análise de imagem e volume específico.

A perda de água por evaporação devido ao cozimento dos pães é expressa pela perda de peso. Conforme dados da Tabela 4, não houve diferença significativa entre a maioria dos pães, exceto para a amostra contendo 20% de farinha de ervilha, onde a redução do peso pós-cozimento foi superior às demais. Withana-Gamage *et al.* (2011), estudaram a temperatura

inicial e final de desnaturação de diversas fontes proteicas, entre elas, farinha de ervilha. Com base nos resultados obtidos pelos autores a faixa de térmica de desnaturação da farinha de ervilha, foi de 73,6 °C e 82,2 °C, isto poderia explicar a superior perda de peso ocorrida para os pães formulados com 20% de farinha de ervilha deste estudo. De acordo com Burešová *et al.* (2017), espera-se que a água permaneça ligada as estruturas proteicas durante o aquecimento da massa, entretanto, a capacidade de retenção de água das proteínas está parcialmente relacionada à temperatura de desnaturação das mesmas isto é, as proteínas tendem a liberar a água de sua estrutura após atingirem a temperatura de desnaturação.

A estrutura interna dos pães, formulados com diferentes concentrações das fontes proteicas pode ser observada na Figura 2 e os resultados das análises estão dispostos na Tabela 4.

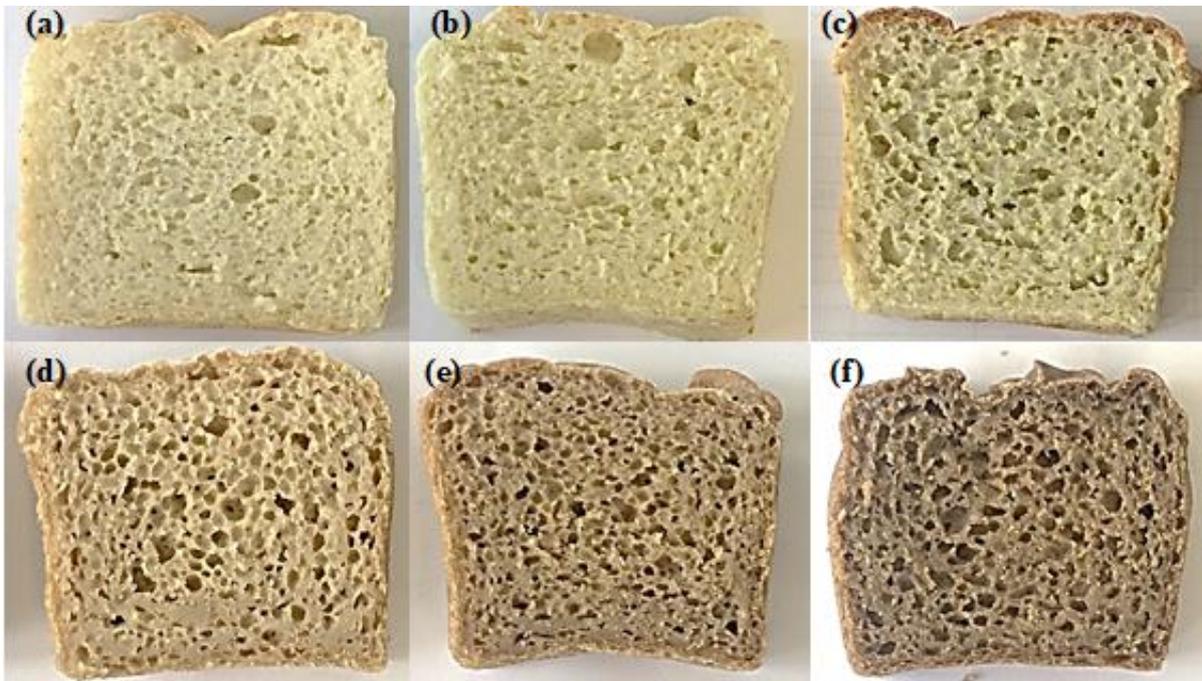


Figura 2 – Estrutura interna das fatias dos pães. (a) 5% de farinha de ervilha; (b) 10% de farinha de ervilha; (c) 20% de farinha de ervilha; (d) 5% concentrado proteico de girassol; (e) 10% concentrado proteico de girassol; (f) 20% concentrado proteico de girassol.

De acordo com Da Rosa Machado e Thys (2019), densidades celulares e volumes específicos maiores, assim como porosidades e porcentagens de poros > 5mm menores indicam produtos de qualidade superior. Em relação à porosidade, apenas os pães contendo 10% de farinha de ervilha diferem dos demais, estatisticamente, sendo que os mesmos apresentam a maior porosidade do experimento. A elevada porosidade das amostras com 10% de farinha de ervilha, reflete na densidade celular das mesmas, sendo significativamente menor quando comparada ao pães com 5% de farinha de ervilha e 5% de farinha de girassol.

Quanto à densidade celular, percebe-se que foi maior para as amostras elaboradas com menores teores de proteína. Este comportamento já foi relatado por Ziobro *et al.* (2016), que encontraram uma elevada porosidade e baixa densidade celular para pães sem glúten formulados com diferentes fontes proteicas, entre elas, farinha de ervilha. De acordo com os autores, isto ocorre devido as propriedades físico-química das proteínas, como estrutura, solubilidade e hidratação, que influenciam diretamente na capacidade de retenção de gás da massa. Os pães elaborados com proteína de girassol seguiram a mesma tendência. Quanto a porcentagem de poros > 5mm, todos os pães apresentaram valores semelhantes estatisticamente.

Tabela 4 - Perda de peso, volume específico e dados de análise de imagem da fatia dos pães elaborados com farinha de ervilha e proteína de girassol.

	Perda de peso (%)	Volume específico no dia zero (cm ³ /g)	Porosidade (%)	Densidade celular (cél/cm ²)	Poros > 5mm (%)
Ervilha 5%	15,40 ± 0,5 ^b	2,57 ± 0,01 ^b	62,38 ± 1,04 ^b	35,69 ± 4,13 ^a	0,32 ± 0,03 ^a
Ervilha 10%	14,94 ± 0,12 ^b	2,46 ± 0,03 ^c	69,14 ± 0,29 ^a	18,00 ± 0,88 ^b	0,29 ± 0,07 ^a
Ervilha 20%	17,47 ± 0,01 ^a	2,61 ± 0,01 ^a	63,22 ± 0,02 ^b	20,06 ± 8,94 ^b	0,41 ± 0,14 ^a
Girassol 5%	14,71 ± 0,16 ^b	2,50 ± 0,01 ^c	62,08 ± 0,37 ^b	38,34 ± 7,13 ^a	0,53 ± 0,01 ^a
Girassol 10%	14,25 ± 0,24 ^b	2,41 ± 0,06 ^c	62,03 ± 0,84 ^b	23,19 ± 2,69 ^b	0,50 ± 0,01 ^a
Girassol 20%	15,21 ± 0,03 ^b	2,29 ± 0,06 ^d	61,09 ± 0,32 ^b	13,31 ± 0,38 ^c	0,34 ± 0,01 ^a

Letras diferentes na mesma coluna apresentam diferença significativa (p<0,05)

Analisando o volume específico das amostras no dia de sua elaboração (Tabela 5), observa-se que, a inclusão de um maior teor de proteínas proveniente da farinha ervilha aumentou o volume dos pães, enquanto que, para as amostras elaboradas com maior quantidade de concentrado de girassol, houve redução significativa do mesmo. De acordo com Mezaize *et al.* (2009), o tipo de proteína usada para suplementação, a capacidade de absorver água e as propriedades de emulsificação das mesmas, são fatores importantes para a determinação do volume específico em pães. Além disso, os autores afirmam que as estruturas proteicas fornecem suporte estrutural ao amido e hidrocoloides, através das suas

capacidades de inchar e desnaturar quando expostas a altas temperaturas, mas, o aumento excessivo do teor de proteínas pode resultar em uma redução no volume específico. A farinha de ervilha contém aproximadamente 23,3 g de proteína/100g de produto, enquanto o concentrado proteico de girassol, utilizado neste estudo, possui 82 g de proteína/100g de produto, o que explica o menor volume dos pães elaborados com alto teor de proteína de girassol.

Ainda, em estudo realizado por Kohajdová *et al.* (2011), observa-se que, em elevadas concentrações (acima de 10%), a farinha de tremoço, com teor proteico de 28 a 48 g de proteína/100g farinha, dependendo do cultivar, afetou negativamente o volume de pães. Segundo Pollard *et al.* (2002), as proteínas da farinha de tremoço apresentam elevada capacidade de ligação com água e gordura, aspecto proveniente da alta concentração de globulinas (80 – 90%), esta particularidade acarreta em um grande poder emulsificante e estabilizante das proteínas, entretanto, em elevadas concentrações, ocasiona a compactação das estruturas por interferir na retenção de dióxido de carbono. Podemos, portanto, observar semelhanças entre a farinha de tremoço e o concentrado proteico de girassol utilizado neste estudo, como, elevada capacidade de reter óleo/água, conforme resultados obtidos, e alta concentração de globulinas de acordo com González-Pérez *et al.* (2002), o que também poderia explicar a redução de volume nos pães com 20% de concentrado proteico de girassol. Além disso, a possível capacidade emulsificante do concentrado proteico de girassol, conforme relatado por González-Pérez *et al.* (2005), combinada com a goma xantana utilizada na formulação dos pães pode ter causado um efeito deletério sobre o volume específico. Lazaridou *et al.* (2007), observaram uma redução no volume específico de pães sem glúten ao elevar a concentração de 1% para 2% de goma xantana nas formulações.

Cabe salientar, que o maior volume específico, dentre os pães analisados foi obtido para a amostra com 20% de farinha de ervilha, entretanto, com exceção da amostra com 20% de proteína de girassol, as diferenças entre os volumes específicos não foi grande.

Os resultados da análise de volume específico, durante a vida útil dos pães, estão dispostos na Tabela 5.

Tabela 5 - Volume específico (cm³/g) dos pães elaborados com farinha de ervilha e proteína de girassol durante 21 dias de armazenamento, sob temperatura ambiente.

	VOLUME ESPECÍFICO (cm ³ /g)			
	DIA 0	DIA 7	DIA 14	DIA 21
Ervilha 5%	2,57 ± 0,01 ^{b A}	2,50 ± 0,01 ^{b B}	2,38 ± 0,01 ^{b C}	2,20 ± 0,05 ^{b D}
Ervilha 10%	2,46 ± 0,03 ^{c A}	2,36 ± 0,01 ^{b B}	2,18 ± 0,08 ^{bc C}	2,05 ± 0,07 ^{c D}
Ervilha 20%	2,61 ± 0,01 ^{a A}	2,57 ± 0,01 ^{a B}	2,57 ± 0,01 ^{a B}	2,51 ± 0,07 ^{a AB}
Girassol 5%	2,50 ± 0,01 ^{c A}	2,45 ± 0,08 ^{b AB}	2,39 ± 0,01 ^{b B}	2,24 ± 0,05 ^{b C}
Girassol 10%	2,41 ± 0,06 ^{c A}	2,42 ± 0,07 ^{b A}	2,23 ± 0,01 ^{c B}	2,18 ± 0,01 ^{b B}
Girassol 20%	2,29 ± 0,06 ^{d A}	2,24 ± 0,01 ^{c B}	2,23 ± 0,13 ^{bc AB}	2,19 ± 0,08 ^{b AB}

Letras minúsculas diferentes na mesma coluna apresentam diferença significativa (p<0,05).
Letras maiúsculas diferentes na mesma linha apresentam diferença significativa (p<0,05).

Ao avaliarmos o comportamento do volume dos pães no decorrer dos dias de armazenamento, pode-se perceber que, embora a inclusão de maiores teores de proteína (inclusão de 20% das farinhas proteicas) contribuiu para manter o volume durante o período de 21 dias de armazenamento, visto que os volumes permaneceram iguais estatisticamente entre os dias 7 e 21. Estes resultados podem ser explicados, se analisarmos a capacidade de retenção de água (CRA) das proteínas. O concentrado proteico de girassol possui uma elevada CRA, portanto, apresenta a capacidade de ligar a água às estruturas proteicas, impedindo que a perda de água gerada pela retrogradação do amido gerasse redução do volume do pão. No caso da amostra contendo 20% de farinha de ervilha, a estabilidade durante os 21 dias estaria relacionada à quantidade de farinha utilizada na formulação, que aumenta o teor proteico e, conseqüentemente, a CRA durante o armazenamento. Por outro lado, a inclusão de 10% da farinha de ervilha não gerou melhorias neste sentido.

Diferentes fontes proteicas, como proteína de ervilha (78,13 g de proteína/100g), proteína de arroz (79 g de proteína/100g), clara de ovo (81,66 g de proteína/100g) e soro de leite (92 g de proteína/100g) foram utilizadas na proporção de 5% e 10% cada sobre o peso da mistura de farinhas, para produção de pães sem glúten em estudo realizado por Pico *et al.* (2019). Os resultados obtidos apontaram uma redução do volume específico, para todas as fontes proteicas, ao dobrar as concentrações das mesmas de 5% para 10%. Os autores atribuíram este comportamento ao elevado teor de proteínas provenientes das fontes proteicas, que possivelmente influenciaram a capacidade de hidratação, emulsão, retenção de

água, entre outros aspectos físico-químicos, nas amostras resultando em uma compactação das estruturas.

Análise do perfil de textura dos pães durante 21 dias de armazenamento

A Tabela 6, expressa os dados obtidos para as análises de textura dos pães controle (ervilha) e com concentrado proteico de girassol, durante 21 dias de armazenamento, sob temperatura ambiente.

Segundo Marco e Rosell (2008), a adição de proteínas reduz a dureza dos pães devido à interação proteína-água, o que, conseqüentemente, influencia a retrogradação do amido. Com relação à firmeza das amostras analisadas neste estudo, durante os dias de armazenamento, pode-se perceber um aspecto muito interessante: no dia zero, isto é, o dia do preparo, os pães elaborados com farinha de ervilha foram, em todas as concentrações testadas, mais macios do que os pães elaborados com proteína de girassol, no entanto, no último dia de armazenamento, esta situação se inverteu, isto é, os pães elaborados com proteína de girassol foram os mais macios. Observa-se que para as amostras com proteína de girassol, uma redução do parâmetro firmeza foi evidenciada no tempo, o que tornou-se mais evidente para a maior concentração do concentrado proteico. De maneira geral, espera-se que o parâmetro de firmeza dos pães aumente durante a vida útil dos mesmos, influenciado principalmente pela perda de água, através da retrogradação do amido (Fadda *et al.*, 2014). Miñarro *et al.* (2012), relataram uma elevação da firmeza de pães sem glúten, avaliados durante 5 dias, formulados com fontes proteicas vegetais como, farinha de grão de bico, isolado de ervilha, farinha de soja e farinha de alfarroba. A quantidade utilizada de cada fonte proteica por formulação, foi ajustada para a obtenção da mesma concentração final de proteína em todos os pães (1,5%), sendo 7,68% de farinha de grão de bico, 2,00% de farinha de ervilha, 4,91% de farinha de soja e 3,85% de farinha de alfarroba. Neste estudo, o percentual de fontes proteicas adicionadas a cada formulação foi calculado a partir da mistura das mesmas com amido.

O comportamento percebido para as amostras com proteína de girassol no tempo de armazenamento pode ser justificado pelas interações entre água, proteína e amido presentes nos pães. Possivelmente, a alta concentração de proteína nos pães formulados com proteína de girassol, que gerou uma elevada capacidade de retenção de água, influenciaram positivamente no parâmetro firmeza. Como comentado anteriormente, pães sem glúten normalmente apresentam elevada dureza, geralmente superior aos pães elaborados com farinha de trigo, como comprova por estudo realizado por Moore *et al.* (2004) onde os pães

de trigo elaborados apresentaram dureza inferior aos pães sem glúten formulados com farinha de arroz, farinha de trigo sarraceno e soja, durante os 5 dias de armazenamento. Os autores também pontuaram que a elevação da dureza durante a vida útil foi mais pronunciada para as amostras de pão sem glúten, visto que a ação da rede glúten na massa, como retenção de gás e água, torna os pães mais macios no dia de cozimento e também nos dias sucedentes.

Para o presente estudo, durante as análises de vida útil, observou-se, a partir do 7º dia de armazenamento, ocorreu a formação de uma zona úmida e amolecida no miolo dos pães formulados com concentrado proteico de girassol, indicando alta umidade, enquanto que, para as amostras com farinha de ervilha, percebeu-se um ressecamento no miolo, tornando os pães mais quebradiços. Este aspecto deve ser melhor avaliado e indica que o uso de proteína de girassol como substituto de glúten em produtos sem glúten poderia ser realizado em menores quantidades, visto que a mesma possui alta capacidade de retenção de água e gera um produto muito menos firme no decorrer do período de armazenamento. Ademais, este resultado pode indicar que a proteína de girassol tem potencial para substituir hidrocoloides em pães sem glúten, reduzindo os custos do produto final. Hidrocoloides e gomas são aditivos são muito utilizados em produtos sem glúten com a finalidade de reter água, isto porque, as farinhas geralmete utilizadas, são de alto teor de amido e conseqüentemente, possuem uma maior taxa de retrogradação (Lazaridou *et al.* 2007).

Quanto à coesividade, todos os pães elaborados apresentaram uma tendência de redução de coesão durante a vida útil. Em relação ao parâmetro elasticidade, observa-se uma elevação deste parâmetro, para quase todas as amostras, comparando os dias 0 e 21, exceção deste fato foi observada para a amostra com 20% de concentrado de girassol, onde a elasticidade se manteve constante. No estudo de Miñarro *et al.* (2012), os maiores valores de coesividade foram observados no primeiro dia de análise, enquanto que a elasticidade não apresentava variações no decorrer do armazenamento, entretanto, o período avaliado na pesquisa de Miñarro foi de apenas 5 dias.

Tabela 6 – Resultado da análise de textura dos pães elaborados com farinha de ervilha e proteína de girassol durante 21 dias de armazenamento.

	DIA 0			DIA 7			DIA 14			DIA 21		
	Firmeza (g)	Coesividade	Elasticidade	Firmeza (g)	Coesividade	Elasticidade	Firmeza (g)	Coesividade	Elasticidade	Firmeza (g)	Coesividade	Elasticidade
Ervilha 5%	952,50 ± 17,08 ^{bcD}	0,80 ± 0,02 ^a _A	1,04 ± 0,01 ^a _C	2153,19 ± 165,24 ^a _C	0,50 ± 0,01 ^a _B	1,09 ± 0,02 ^b _B	3184,72 ± 10,65 ^a _B	0,33 ± 0,01 ^a _C	1,16 ± 0,02 ^a _A	3731,40 ± 26,56 ^a _A	0,38 ± 0,04 ^b _{BC}	1,12 ± 0,03 ^b _B
Ervilha 10%	852,07 ± 46,15 ^{cB}	0,85 ± 0,03 ^a _A	1,05 ± 0,01 ^a _C	2184,20 ± 122,78 ^a _B	0,50 ± 0,02 ^a _B	1,12 ± 0,01 ^b _B	2513,39 ± 161,50 ^b _A	0,45 ± 0,06 ^a _B	1,17 ± 0,01 ^a _A	2656,88 ± 227,30 ^b _A	0,57 ± 0,06 ^a _B	1,17 ± 0,01 ^{ab} _A
Ervilha 20%	621,02 ± 19,83 ^{dD}	0,85 ± 0,03 ^a _A	1,03 ± 0,01 ^a _B	1643,48 ± 66,16 ^{ab} _C	0,50 ± 0,06 ^a _B	1,13 ± 0,01 ^b _A	2437,71 ± 29,54 ^b _A	0,46 ± 0,02 ^a _B	1,12 ± 0,01 ^a _A	1427,82 ± 39,54 ^c _B	0,35 ± 0,03 ^b _B	1,19 ± 0,03 ^{ab} _A
Girassol 5%	1037,08 ± 41,30 ^b _B	0,82 ± 0,06 ^a _A	1,06 ± 0,01 ^a _C	1872,66 ± 54,46 ^{ab} _A	0,49 ± 0,01 ^a _B	1,26 ± 0,02 ^a _B	1087,10 ± 121,72 ^c _B	0,36 ± 0,06 ^a _B	1,12 ± 0,07 ^a _C	589,49 ± 16,96 ^d _C	0,77 ± 0,16 ^a _A	1,35 ± 0,06 ^a _A
Girassol 10%	1275,33 ± 31,88 ^a _B	0,75 ± 0,02 ^a _A	1,03 ± 0,02 ^a _D	1455,19 ± 55,33 ^{bc} _A	0,35 ± 0,06 ^a _C	1,14 ± 0,01 ^b _B	1133,31 ± 86,64 ^c _B	0,54 ± 0,04 ^a _{AB}	1,33 ± 0,05 ^a _A	783,63 ± 30,12 ^d _C	0,35 ± 0,06 ^a _C	1,08 ± 0,01 ^b _C
Girassol 20%	1060,42 ± 25,80 ^b _A	0,68 ± 0,03 ^a _A	1,05 ± 0,01 ^a _B	898,11 ± 149,74 ^c _B	0,44 ± 0,07 ^a _B	1,13 ± 0,03 ^b _A	571,36 ± 13,34 ^d _C	0,56 ± 0,11 ^a _B	1,22 ± 0,06 ^a _A	454,26 ± 84,11 ^d _C	0,40 ± 0,01 ^b _C	1,04 ± 0,07 ^b _B

Letras minúsculas diferentes na mesma coluna apresentam diferença significativa ($p < 0,05$).

Letras maiúsculas diferentes na mesma linha, para o mesmo parâmetro, apresentam diferença significativa ($p < 0,05$).

Avaliação sensorial

Os pães formulados com as diferentes concentrações de concentrado proteico de girassol, foram analisados sensorialmente e os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 - Dados obtidos para avaliação sensorial dos pães com concentrado proteico de girassol em diferentes concentrações.

	5% Girassol	10% Girassol	20% Girassol
Aparência	7,17 ± 1,45 ^a	7,22 ± 1,36 ^a	7,14 ± 1,24 ^a
Cor	6,84 ± 1,47 ^a	6,98 ± 1,42 ^a	7,22 ± 1,12 ^a
Odor	7,08 ± 1,33 ^a	6,69 ± 1,30 ^{ab}	6,47 ± 1,24 ^b
Textura	6,65 ± 1,64 ^a	6,80 ± 1,53 ^a	6,88 ± 1,32 ^a
Sabor	6,37 ± 1,69 ^a	6,41 ± 1,66 ^a	6,02 ± 1,60 ^a
Sabor Residual	6,29 ± 1,69 ^a	6,33 ± 1,71 ^a	5,86 ± 1,84 ^a
Aceitação Global	6,65 ± 1,35 ^a	6,65 ± 1,42 ^a	6,29 ± 1,44 ^a

Letras minúsculas diferentes na mesma linha apresentam diferença significativa (p<0,05).

Na avaliação sensorial, apenas o parâmetro odor apresentou diferença significativa entre as amostras com 5% de concentrado proteico de girassol e 20% de concentrado proteico de girassol, o que pode ser justificado pelo odor residual e característico do ingrediente utilizado, isto é, ao elevarmos a concentração de proteína de girassol, esta característica foi percebida pelos provadores. Entretanto, este aspecto não influenciou negativamente no índice de aceitabilidade do pão que continha 20% de concentrado proteico de girassol. Todas as amostras apresentaram índice de aceitação global iguais ou superiores a 70%. Estatisticamente foram iguais, então não tem mais aceita.

Os provadores também foram questionados quando a intenção de compra dos pães e poderiam expressar o interesse por mais de uma amostra, por este o motivo o somatório do percentual de compradores por amostra excede 100%. Cerca de 32% do provadores comprariam o pão com 5% de concentrado proteico de girassol, 40% demonstraram interesse pela amostra com 10% e 28% pelo pão com 20% do ingrediente, além disso, 18% dos provadores não comprariam nenhuma das amostra. Portanto, o concentrado proteico de girassol apresenta potencial sensorial para ser aplicado em pães isentos de glúten.

Composição nutricional

Visto que os resultados sensoriais indicam que todas as formulações de pães com concentrado proteico de girassol foram aceitas, optou-se por escolher a formulação com 10%

do ingrediente para realizar a determinação de composição nutricional, por ser a amostra com maior intenção de compra por parte dos provadores. Os dados apresentados na Tabela 8 foram obtidos com auxílio da tabela TACO.

Tabela 8 – Composição de umidade, carboidrato, proteína e lipídeos para a amostra contendo 10% de concentrado proteico de girassol, em comparação à amostra contendo 10% de farinha de ervilha.

	10% Girassol	10% Ervilha
Umidade (g/100g)	62,79	62,76
Carboidratos (g/100g)	80,97	86,82
Proteína (g/100g)	12,20	6,42
Lipídeos (g/100g)	4,03	4,13
Fibra Alimentar (g/100g)	0,01	0,32

Dados para carboidratos, proteínas, lipídios e fibra alimentar expressos em base seca.

Os resultados expressos na tabela indicam que ao substituímos a farinha de ervilha, comumente utilizada na panificação sem glúten, por concentrado proteico de girassol, o teor de proteína praticamente dobraria. Pela composição rica em amido, pães sem glúten, apresentam carência nutricional, isto é, possuem alto teor de carboidratos e lipídeos e baixo teor de proteínas (Segura e Rosell, 2011), o que torna a inclusão da proteína de girassol uma boa alternativa para esta categoria de produto

Da Rosa Machado e Thys (2019), avaliaram a adição de farinha de grilo em pães sem glúten e os compararam com pães sem glúten produzidos com farinha de lentilha. Os autores relataram que o conteúdo proteico para os pães formulados com 10% de farinha de grilo e farinha de lentilha foi de 8,53 g/100g e 6,63 g/100g respectivamente. De acordo com Naqash *et al.* (2017), o teor de proteínas em pães isentos de glúten varia de 0,90 a 15,5 g/100g, enquanto que o teor lipídico é cerca de 2g a 26,1g/100g e a concentração de carboidratos é cerca de 68,4 a 92,9 g/100g. Vici *et al.* (2016), ressalta que dietas livres de glúten geralmente são pobres nutricionalmente, portanto, a inserção de concentrado proteico de girassol, conforme foi realizado no presente estudo, influenciou positivamente na composição nutricional dos pães sem glúten, uma vez que a adição de 10% do concentrado resultou em um elevado teor proteico nos mesmos.

CONCLUSÃO

As características do concentrado proteico de girassol conferem a ele potencial para ser utilizado em diversas áreas da indústria alimentícia. Com elevada capacidade de reter água conforme resultados deste estudo observa-se que este ingrediente auxiliou na manutenção das propriedades tecnológicas dos produtos de panificação durante o período de armazenamento. Isto é, a inserção do concentrado, em todas as concentrações, reduziu a firmeza dos pães durante a vida útil dos mesmos, um resultado peculiar, pois geralmente, no período de armazenamento, pães tendem a endurecer. Entretanto, outros estudos devem ser realizados para que a quantidade ideal do ingrediente seja otimizada, uma vez que nas concentrações testadas observou-se a formação de uma zona úmida a partir do sétimo dia de análise.

Ainda em relação à firmeza, quando comparados aos pães controle, com farinha de ervilha, as amostras com menores teores do concentrado de girassol, 5% e 10%, são iguais estatisticamente à amostra formulada com 10% de farinha de ervilha, no primeiro dia de avaliação. Este é um parâmetro importante para a determinação da qualidade de produtos de panificação e por isso o resultado obtido foi bastante satisfatório.

A coloração escura do concentrado conferiu as amostras um aspecto que pode ser relacionado pelos consumidores a produtos integrais. Na análise sensorial, observamos que esta coloração foi bem aceita pelos provadores. Além disso, os pães formulados com todas as concentrações apresentaram índice de aceitabilidade superior a 70%, indicando que este produto poderia seguir para os testes de mercado. É importante ressaltar que a adição de 10% do concentrado, praticamente duplicou a quantidade de proteínas nos pães, quando comparado às amostras formuladas com 10% de farinha de ervilha. Este é um resultado positivo, visto que pães sem glúten normalmente são pobres nutricionalmente. Outro ponto a ser destacado é que a formulação dos pães é vegana, o que também poderia ser explorado, visto o crescimento expressivo do consumo de produtos deste tipo.

Com base nos resultados obtidos, é possível afirmar que novos estudos devem ser realizados, pois o concentrado proteico de girassol demonstrou potencial para substituir e até mesmo excluir as gomas/hidrocolóides, muito utilizadas na panificação sem glúten, das formulações, reduzindo assim, o custo final destes produtos. De maneira geral, conclui-se que a adição de concentrado proteico de girassol em pães sem glúten é possível e bastante promissora, resultando em produtos satisfatórios e ricos nutricionalmente.

REFERÊNCIAS

BATEY, I. L.; HUANG, W. Gluten and Modified Gluten. In: (Ed.). **Reference Module in Food Science**: Elsevier, 2016. ISBN 978-0-08-100596-5.

BIO TECHNOLOGIES LLC, 2019. 1 vídeo (3,29 min.). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=RsYl639apac> . Acesso em : 29 nov 2019)

BUREŠOVÁ, I. et al. The comparison of the effect of added amaranth, buckwheat, chickpea, corn, millet and quinoa flour on rice dough rheological characteristics, textural and sensory quality of bread. **Journal of Cereal Science**, v. 75, p. 158-164, 2017/05/01/ 2017. ISSN 0733-5210. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0733521017300590> >.

CZAJA-BULSA, G. Non coeliac gluten sensitivity – A new disease with gluten intolerance. **Clinical Nutrition**, v. 34, n. 2, p. 189-194, 2015/04/01/ 2015. ISSN 0261-5614. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261561414002180> >.

DA ROSA MACHADO, C.; THYS, R. C. S. Cricket powder (*Gryllus assimilis*) as a new alternative protein source for gluten-free breads. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 56, p. 102180, 2019/08/01/ 2019. ISSN 1466-8564. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1466856419303522> >.

DEMIRKESEN, I.; SUMNU, G.; SAHIN, S. Quality of gluten-free bread formulations baked in different ovens. **Food and Bioprocess Technology**, v. 6, n. 3, p. 746-753, 2013. ISSN 1935-5130.

EUROMONITOR INTERNACIONAL. Euromonitor Internacional. **Top 5 Trends in Health and Wellness**. Acesso em 20 de setembro de 2019. (2017). Disponível em: <<https://go.euromonitor.com/white-paper-health-wellness-2019-top-5-trends.html>>

FADDA, C. et al. Bread Staling: Updating the View. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 13, p. 473-492, 07/01 2014.

GALLAGHER, E.; GORMLEY, T. R.; ARENDT, E. K. Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. **Trends in Food Science & Technology**, v. 15, n. 3, p. 143-152, 2004/03/01/ 2004. ISSN 0924-2244. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224403002590> >.

GONZÁLEZ-PÉREZ, S. et al. Emulsion Properties of Sunflower (*Helianthus annuus*) Proteins. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 53, p. 2261-7, 04/01 2005.

GONZÁLEZ-PÉREZ, S. et al. Isolation and Characterization of Undenatured Chlorogenic Acid Free Sunflower (*Helianthus annuus*) Proteins. **Journal of Agricultural and Food**

Chemistry, v. 50, n. 6, p. 1713-1719, 2002/03/01 2002. ISSN 0021-8561. Disponível em: < <https://doi.org/10.1021/jf011245d> >.

GONZÁLEZ-PÉREZ, S.; VEREIJKEN, J. M. Sunflower proteins: overview of their physicochemical, structural and functional properties. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 87, n. 12, p. 2173-2191, 2007. ISSN 0022-5142. Disponível em: < <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jsfa.2971> >.

HAGER, A.-S. et al. Investigation of product quality, sensory profile and ultrastructure of breads made from a range of commercial gluten-free flours compared to their wheat counterparts. **European Food Research and Technology**, v. 235, n. 2, p. 333-344, 2012. ISSN 1438-2377.

HAQUE, M. A.; TIMILSENA, Y. P.; ADHIKARI, B. Food Proteins, Structure, and Function. In: (Ed.). **Reference Module in Food Science**: Elsevier, 2016. ISBN 978-0-08-100596-5.

KABIRULLAH, M.; WILLS, R. B. H. Functional properties of acetylated and succinylated sunflower protein isolate. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 17, n. 2, p. 235-249, 1982. ISSN 0950-5423. Disponível em: < <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2621.1982.tb00179.x> >.

KOHAJDOVÁ, Z.; KAROVIČOVÁ, J.; SCHMIDT, Š. Lupin composition and possible use in bakery - A review. **Czech Journal of Food Sciences**, v. 29, n. 3, p. 203-211, 2011. Disponível em: < <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-79956133170&partnerID=40&md5=43c1fdd5e06567288bc6840bc6512bca> >.

KOLETTA, P. et al. Physicochemical and technological properties of highly enriched wheat breads with wholegrain non wheat flours. **Journal of Cereal Science**, v. 60, n. 3, p. 561-568, 2014/11/01/ 2014. ISSN 0733-5210. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S073352101400160X> >.

LAZARIDOU, A. et al. Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. **Journal of Food Engineering**, v. 79, n. 3, p. 1033-1047, 2007/04/01/ 2007. ISSN 0260-8774. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877406003025> >.

MARCO, C.; ROSELL, C. M. Functional and rheological properties of protein enriched gluten free composite flours. **Journal of Food Engineering**, v. 88, n. 1, p. 94-103, 2008/09/01/ 2008. ISSN 0260-8774. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877408000502> >.

MARIOTTI, M. et al. The role of corn starch, amaranth flour, pea isolate, and Psyllium flour on the rheological properties and the ultrastructure of gluten-free doughs. **Food Research**

International, v. 42, n. 8, p. 963-975, 2009/10/01/ 2009. ISSN 0963-9969. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996909001240> >.

MATOS, M. E.; SANZ, T.; ROSELL, C. M. Establishing the function of proteins on the rheological and quality properties of rice based gluten free muffins. **Food Hydrocolloids**, v. 35, p. 150-158, 2014/03/01/ 2014. ISSN 0268-005X. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X13001434> >.

MEZAIZE, S. et al. Optimization of Gluten-Free Formulations for French-Style Breads. **Journal of Food Science**, v. 74, n. 3, p. E140-E146, 2009. ISSN 0022-1147. Disponível em: < <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1750-3841.2009.01096.x> >.

MIÑARRO, B. et al. Effect of legume flours on baking characteristics of gluten-free bread. **Journal of Cereal Science**, v. 56, n. 2, p. 476-481, 2012/09/01/ 2012. ISSN 0733-5210. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S073352101200094X> >.

MOORE, M. M. et al. Textural Comparisons of Gluten-Free and Wheat-Based Doughs, Batters, and Breads. **Cereal Chemistry**, v. 81, n. 5, p. 567-575, 2004. ISSN 0009-0352. Disponível em: < <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1094/CCHEM.2004.81.5.567> >.

MOURE, A. et al. Functionality of oilseed protein products: A review. **Food Research International**, v. 39, n. 9, p. 945-963, 2006/11/01/ 2006. ISSN 0963-9969. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996906000962> >.

NAQASH, F. et al. Gluten-free baking: Combating the challenges - A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 66, p. 98-107, 2017/08/01/ 2017. ISSN 0924-2244. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224415301230> >.

PEDROCHE, J. 13 - Utilization of Sunflower Proteins. In: MARTÍNEZ-FORCE, E.; DUNFORD, N. T., et al (Ed.). **Sunflower**: AOCS Press, 2015. p.395-439. ISBN 978-1-893997-94-3.

PICKARDT, C. et al. Optimisation of mild-acidic protein extraction from defatted sunflower (*Helianthus annuus* L.) meal. **Food Hydrocolloids**, v. 23, n. 7, p. 1966-1973, 2009/10/01/ 2009. ISSN 0268-005X. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X09000277> >.

PICO, J. et al. Effect of rice, pea, egg white and whey proteins on crust quality of rice flour-corn starch based gluten-free breads. **Journal of Cereal Science**, v. 86, p. 92-101, 2019/03/01/ 2019. ISSN 0733-5210. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0733521018305940> >.

POLLARD, N. et al. Lupin Flours as Additives: Dough Mixing, Breadmaking, Emulsifying, and Foaming. **Cereal Chemistry**, v. 79, p. 662-669, 05/22 2002.

RAIKOS, V. et al. Comparative study of the functional properties of lupin, green pea, fava bean, hemp, and buckwheat flours as affected by pH. **Food Science & Nutrition**, v. 2, n. 6, p. 802-810, 2014. ISSN 2048-7177. Disponível em: < <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/fsn3.143> >.

REWERS, M. Epidemiology of celiac disease: What are the prevalence, incidence, and progression of celiac disease? **Gastroenterology**, v. 128, n. 4, Supplement 1, p. S47-S51, 2005/04/01/ 2005. ISSN 0016-5085. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S001650850500199X> >.

SALGADO, P. R. et al. Production and characterization of sunflower (*Helianthus annuus* L.) protein-enriched products obtained at pilot plant scale. **LWT - Food Science and Technology**, v. 45, n. 1, p. 65-72, 2012/01/01/ 2012. ISSN 0023-6438. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643811002222> >.

SEGURA, M. E. M.; ROSELL, C. M. Chemical composition and starch digestibility of different gluten-free breads. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 66, n. 3, p. 224, 2011. ISSN 0921-9668.

SHEN, Y.; CHEN, G.; LI, Y. Bread characteristics and antioxidant activities of Maillard reaction products of white pan bread containing various sugars. **LWT**, v. 95, p. 308-315, 2018/09/01/ 2018. ISSN 0023-6438. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643818304225> >.

SILVA, M. R.; SILVA, M. A. A. P. D.; CHANG, Y. K. Utilização da farinha de jatobá (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) na elaboração de biscoitos tipo cookie e avaliação de aceitação por testes sensoriais afetivos univariados e multivariados. **Food Science and Technology**, v. 18, p. 25-34, 1998. ISSN 0101-2061. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010120611998000100007&nrm=iso >.

SUN PROTEIN NATURE INSIDE. **Sunprotein**. São Paulo, 2019. Disponível em : <http://www.sunprotein.com.br/>. Acesso em: 29 nov. 2019.

TAYLOR, J.; ROSELL, C. Foreword to special issue on Cereal Based Non-gluten Dough Systems. **Journal of Cereal Science**, v. 67, p. 1, 2016/01/01/ 2016. ISSN 0733-5210. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0733521015000995> >.

TEIXEIRA, E.; MENERT, E. M.; BARBERTA, P. A. **Análise sensorial de alimentos**. Florianópolis: UFSC, 1987. 180 p.

UNICAMP. TACO. Tabela Brasileira de Composição de Alimentos, 2011. Disponível em: . Acesso em:20 de outubro de 2019.

USDA. Oilseeds: World Markets and Trade. 2019. Disponível em: < <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/oilseeds.pdf> >. Acesso em: 08/05.

VICI, Giorgia et al. Gluten free diet and nutrient deficiencies: A review. **Clinical Nutrition**, v. 35, n. 6, p. 1236-1241, 2016.

WANG, K. et al. Recent developments in gluten-free bread baking approaches: a review. **Food Science and Technology**, v. 37, p. 1-9, 2017. ISSN 0101-2061.

WITHANA-GAMAGE, T. et al. Physicochemical, thermal and functional characterisation of protein isolates from Kabuli and Desi chickpea (*Cicer arietinum* L.): A comparative study with soy (*Glycine max*) and pea (*Pisum sativum* L.). **Journal of the science of food and agriculture**, v. 91, p. 1022-31, 04/01 2011.

XHAKOLLARI, V.; CANAVARI, M.; OSMAN, M. Factors affecting consumers' adherence to gluten-free diet, a systematic review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 85, p. 23-33, 2019/03/01/ 2019. ISSN 0924-2244. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224418305703> >.

ZAYAS, J. F. Oil and fat binding properties of proteins. In: (Ed.). **Functionality of proteins in food**: Springer, 1997a. p.228-259.

_____. Water holding capacity of proteins. In: (Ed.). **Functionality of proteins in food**: Springer, 1997b. p.76-133.

ZIOBRO, R. et al. Non-gluten proteins as structure forming agents in gluten free bread. **Journal of food science and technology**, v. 53, n. 1, p. 571-580, 2016. ISSN 0022-1155.

ZIOBRO, R. et al. Supplementation of gluten-free bread with non-gluten proteins. Effect on dough rheological properties and bread characteristic. **Food Hydrocolloids**, v. 32, n. 2, p. 213-220, 2013/08/01/ 2013. ISSN 0268-005X. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X13000210> >.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o aumento da demanda por alimentos livres de glúten, o desenvolvimento desses produtos é de elevada importância. A adição de fontes proteicas em pães sem glúten é muito comum e indicada, sendo assim, novas fontes de proteínas destacam-se frente às tradicionais fontes proteicas de origem animal. O fato de serem obtidas a partir de resíduos industriais torna essas novas fontes de proteínas ainda mais interessantes. Baseados nos resultados obtidos no presente estudo, podemos observar que o concentrado proteico de girassol tem grande potencial para ser utilizado na panificação sem glúten. Além de melhorar os aspectos nutricionais, a adição do concentrado causou um efeito peculiar e diferente do esperado, a redução da dureza dos pães durante o período do armazenamento. Entretanto, a formação de uma zona úmida no miolo dos pães após sete dias de armazenamento, sugere que novos estudos devam ser realizados para que a concentração adequada de concentrado proteico de girassol seja alcançada. Além disso, as características dos pães obtidos e as características do concentrado proteico como, capacidade de retenção de água e óleo, indicam que outras pesquisas devem ser executadas, a fim de avaliar a possibilidade de excluir as gomas e hidrocolóides, comumente utilizadas na panificação sem glúten, das formulações, reduzindo assim, o custo desses produtos. Cabe salientar, que os pães com concentrado proteico de girassol, foram bem aceitos sensorialmente, aspecto importante para que testes de mercado sejam posteriormente realizados.

REFERÊNCIAS

AI, Y.; JANE, J.-L. Chapter 3 - Understanding Starch Structure and Functionality. In: SJÖÖ, M. e NILSSON, L. (Ed.). **Starch in Food (Second Edition)**: Woodhead Publishing, 2018. p.151-178. ISBN 978-0-08-100868-3.

AKKAYA, M. R. et al. The influence of sowing dates on the oil content and fatty acid composition of standard, mid-oleic and high-oleic types of sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Food Science and Technology**, v.39, p. 448-453. 2018. ISSN 0101-2061.

ALEXANDRINO, T. D. et al. Fractioning of the sunflower flour components: Physical, chemical and nutritional evaluation of the fractions. **LWT**, v. 84, p. 426-432, 2017/10/01/2017. ISSN 0023-6438. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643817303778> >.

ALLEONI, A. C. C. Albumen protein and functional properties of gelation and foaming. **Scientia Agricola**, v. 63, p. 291-298, 2006. ISSN 0103-9016.

ALVAREZ-JUBETE, L.; ARENDT, E. K.; GALLAGHER, E. Nutritive value and chemical composition of pseudocereals as gluten-free ingredients. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 60, n. sup4, p. 240-257, 2009/01/01 2009. ISSN 0963-7486. Disponível em: < <https://doi.org/10.1080/09637480902950597> >.

_____. Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional gluten-free ingredients. **Trends in Food Science & Technology**, v. 21, n. 2, p. 106-113, 2010/02/01/2010. ISSN 0924-2244. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224409002945> >.

ANTON, A. A.; ARTFIELD, S. D. Hydrocolloids in gluten-free breads: A review. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 59, n. 1, p. 11-23, 2008/01/01 2008. ISSN 0963-7486. Disponível em: < <https://doi.org/10.1080/09637480701625630> >.

BAO, J.; BERGMAN, C. J. Chapter 10 - Rice Flour and Starch Functionality. In: SJÖÖ, M. e NILSSON, L. (Ed.). **Starch in Food (Second Edition)**: Woodhead Publishing, 2018. p.373-419. ISBN 978-0-08-100868-3.

BATEY, I. L.; HUANG, W. Gluten and Modified Gluten. In: (Ed.). **Reference Module in Food Science**: Elsevier, 2016. ISBN 978-0-08-100596-5.

BAU, H. M. et al. Preparation of colorless sunflower protein products: Effect of processing on physicochemical and nutritional properties. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 60, n. 6, p. 1141-1148, 1983. ISSN 0003-021X. Disponível em: < <https://aocs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1007/BF02671343> >.

BEMILLER, J. N. Pasting, paste, and gel properties of starch–hydrocolloid combinations. **Carbohydrate Polymers**, v. 86, n. 2, p. 386-423, 2011/08/15/ 2011. ISSN 0144-8617. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861711004449> >.

BIESIEKIERSKI, J. R. What is gluten? **Journal of Gastroenterology and Hepatology**, v. 32, n. S1, p. 78-81, 2017. ISSN 0815-9319. Disponível em: < <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jgh.13703> >.

BOCKISCH, M. Chapter 4 - Vegetable Fats and Oils. In: BOCKISCH, M. (Ed.). **Fats and Oils Handbook**: AOCS Press, 1998. p.174-344. ISBN 978-0-9818936-0-0.

CARLSTEDT, J. et al. Understanding starch gelatinization: The phase diagram approach. **Carbohydrate Polymers**, v. 129, p. 62-69, 2015/09/20/ 2015. ISSN 0144-8617. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861715003616> >.

CARRÃO-PANIZZI, M. C.; MANDARINO, J. M. G. **Girassol: derivados proteicos**. Londrina: EMBRAPA - CNPSo. 27p. 1994.

CASTRO, C. de; CASTIGLIONI, V.B.R.; BALLA, A.; LEITE, P.M.V.B.de C.; KAIRAM, D.; MELLO, H.C.; GUEDES, L.C.A.; FARIAS,J,R,B. A cultura do girassol. Londrina, EMBRAPA-CNPSo.1996. 38p. (EMBRAPA-CNPSo. Circular técnica. 13).

CATO, L. et al. Gluten free breads using rice flour and hydrocolloid gums. **Food Australia**, v. 56, n. 3, p. 75-78, 2004. ISSN 1032-5298.

CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. **Standard for named vegetable oils**: updated as at the 26nd Session of the Codex Alimentarius Commission (February 2015). 2015. Disponível em: < http://www.fao.org/input/download/standards/336/CXS_210e_2015.pdf .> Acesso em: 06 maio 2019.

COLLAR, C.; BOLLAÍN, C. Impact of microbial transglutaminase on the staling behaviour of enzyme-supplemented pan breads. **European Food Research and Technology**, v. 221, n. 3-4, p. 298-304, 2005. Disponível em: < <https://www2.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-23944470680&doi=10.1007%2fs00217-005-1162-z&partnerID=40&md5=05390cba6f29309ebbb2232990137e> >.

CONAB, Companhia Nacional do Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. v. 6, n. 2, p. 24 - 25, Brasília, 2018, ISSN 2318-6852. Disponível em: < https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-girassol/item/download/15282_44f887e47a2124a42f0b75d45f0bdd5d >

CZAJA-BULSA, G. Non coeliac gluten sensitivity – A new disease with gluten intolerance. **Clinical Nutrition**, v. 34, n. 2, p. 189-194, 2015/04/01/ 2015. ISSN 0261-5614. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261561414002180> >.

DA ROSA MACHADO, C.; THYS, R. C. S. Cricket powder (*Gryllus assimilis*) as a new alternative protein source for gluten-free breads. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 56, p. 102180, 2019/08/01/ 2019. ISSN 1466-8564. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1466856419303522> >.

DEMIRKESEN, I. et al. Rheological properties of gluten-free bread formulations. **Journal of Food Engineering**, v. 96, n. 2, p. 295-303, 2010/01/01/ 2010. ISSN 0260-8774. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877409003860> >.

ELGETI, D. et al. Volume and texture improvement of gluten-free bread using quinoa white flour. **Journal of Cereal Science**, v. 59, n. 1, p. 41-47, 2014/01/01/ 2014. ISSN 0733-5210. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0733521013001793> >.

ENCINA-ZELADA, C. R. et al. Combined effect of xanthan gum and water content on physicochemical and textural properties of gluten-free batter and bread. **Food Research International**, v. 111, p. 544-555, 2018/09/01/ 2018. ISSN 0963-9969. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996918304381> >.

EUROMONITOR INTERNACIONAL. Euromonitor International. **Top 5 Trends in Health and Wellness**. Acesso em 20 de setembro de 2019. (2017). Disponível em: < <https://go.euromonitor.com/white-paper-health-wellness-2019-top-5-trends.html> >

FALADE, K. O.; CHRISTOPHER, A. S. Physical, functional, pasting and thermal properties of flours and starches of six Nigerian rice cultivars. **Food Hydrocolloids**, v. 44, p. 478-490, 2015/02/01/ 2015. ISSN 0268-005X. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X1400366X> >.

FALLAVENA, L. P. **O perfil do consumidor de produtos sem glúten : necessidade ou modismo?** (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p.90. 2015. Disponível em: < <http://hdl.handle.net/10183/141351> >

FASANO, A.; CATASSI, C. Current approaches to diagnosis and treatment of celiac disease: An evolving spectrum. **Gastroenterology**, v. 120, n. 3, p. 636-651, 2001/02/01/ 2001. ISSN 0016-5085. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016508501251877> >.

FERNANDEZ, M. L.; ANDERSEN, C. J. Eggs: Composition and Health Effects. In: CABALLERO, B.; FINGLAS, P. M., *et al* (Ed.). **Encyclopedia of Food and Health**. Oxford: Academic Press, 2016. p.470-475. ISBN 978-0-12-384953-3.

FLEMING, S. E.; SOSULSKI, F. W. The Utilization of Sunflower Protein in Milk-Like Beverages. **Canadian Institute of Food Science and Technology Journal**, v. 10, n. 4, p. 229-232, 1977/10/01/ 1977. ISSN 0315-5463. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0315546377735394> >.

GALLAGHER, E.; GORMLEY, T. R.; ARENDT, E. K. Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. **Trends in Food Science & Technology**, v. 15, n. 3, p. 143-152, 2004/03/01/ 2004. ISSN 0924-2244. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224403002590> >.

GARCÉS, R. et al. Current advances in sunflower oil and its applications. **Lipid Technology**, v. 21, n. 4, p. 79-82, 2009. ISSN 0956-666X. Disponível em: < <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/lite.200900016> >.

GASSMANN, B. **Preparation and application of vegetable proteins, especially proteins from sunflower seed, for human consumption. An approach.** 1983. 351-69.

GATTA, C. D.; PIERGIOVANNI, A. R. Technological and nutritional aspects in hyperproteic bread prepared with the addition of sunflower meal. **Food Chemistry**, v. 57, n. 4, p. 493-496, 1996/12/01/ 1996. ISSN 0308-8146. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0308814695002006> >.

GAY, C.; CORBINEAU, F.; CÔME, D. Effects of temperature and oxygen on seed germination and seedling growth in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Environmental and Experimental Botany**, v. 31, n. 2, p. 193-200, 1991/04/01/ 1991. ISSN 0098-8472. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0098847291900705> >.

GÓMEZ, M.; MARTÍNEZ, M. M. Changing flour functionality through physical treatments for the production of gluten-free baking goods. **Journal of Cereal Science**, v. 67, p. 68-74, 2016/01/01/ 2016. ISSN 0733-5210. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0733521015300400> >.

GONZÁLEZ-PÉREZ, S. et al. Physicochemical Properties of 2S Albumins and the Corresponding Protein Isolate from Sunflower (*Helianthus annuus*). **Journal of Food Science**, v. 70, p. C98-C103, 01/01 2005.

GONZÁLEZ-PÉREZ, S. et al. Isolation and Characterization of Undenatured Chlorogenic Acid Free Sunflower (*Helianthus annuus*) Proteins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 6, p. 1713-1719, 2002/03/01 2002. ISSN 0021-8561. Disponível em: < <https://doi.org/10.1021/jf011245d> >.

GONZÁLEZ-PÉREZ, S.; VEREIJKEN, J. M. Sunflower proteins: overview of their physicochemical, structural and functional properties. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 87, n. 12, p. 2173-2191, 2007. ISSN 0022-5142. Disponível em: < <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jsfa.2971> >.

GREEN, P. H. R.; LEBWOHL, B.; GREYWOODE, R. Celiac disease. **Journal of Allergy and Clinical Immunology**, v. 135, n. 5, p. 1099-1106, 2015/05/01/ 2015. ISSN 0091-6749. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0091674915002304> >.

GRUNVALD, A. K. et al. Influence of Temperature on the Fatty Acid Composition of the Oil From Sunflower Genotypes Grown in Tropical Regions. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 90, n. 4, p. 545-553, 2013. ISSN 0003-021X. Disponível em: < <https://aocs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1007/s11746-012-2188-6> >.

GUARDA, A. et al. Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. **Food Hydrocolloids**, v. 18, n. 2, p. 241-247, 2004/03/01/ 2004. ISSN 0268-005X. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X03000808> >.

GUERRIERI, N.; CAVALETTO, M. 8 - Cereals proteins. In: YADA, R. Y. (Ed.). **Proteins in Food Processing (Second Edition)**: Woodhead Publishing, 2018. p.223-244. ISBN 978-0-08-100722-8.

HADJIVASSILIOU, M. et al. Clinical, radiological, neurophysiological, and neuropathological characteristics of gluten ataxia. **The Lancet**, v. 352, n. 9140, p. 1582-1585, 1998/11/14/ 1998. ISSN 0140-6736. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140673698053422> >.

HAGER, A.-S.; ARENDT, E. K. Influence of hydroxypropylmethylcellulose (HPMC), xanthan gum and their combination on loaf specific volume, crumb hardness and crumb grain characteristics of gluten-free breads based on rice, maize, teff and buckwheat. **Food Hydrocolloids**, v. 32, n. 1, p. 195-203, 2013/07/01/ 2013. ISSN 0268-005X. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X12003232> >.

HAGER, A.-S. et al. Investigation of product quality, sensory profile and ultrastructure of breads made from a range of commercial gluten-free flours compared to their wheat counterparts. **European Food Research and Technology**, v. 235, n. 2, p. 333-344, 2012. ISSN 1438-2377.

HAGHIGHAT-KHARAZI, S. et al. Microencapsulation of α -amylase in beeswax and its application in gluten-free bread as an anti-staling agent. **LWT**, v. 92, p. 73-79, 2018/06/01/ 2018. ISSN 0023-6438. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643818300720> >.

HAGHIGHAT-KHARAZI, S. et al. Use of encapsulated maltogenic amylase in malotodextrins with different formulations in making gluten-free breads. **LWT**, v. 110, p. 182-189, 2019/08/01/ 2019. ISSN 0023-6438. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643819303883> >.

HAMADA, S. et al. Improvements in the qualities of gluten-free bread after using a protease obtained from *Aspergillus oryzae*. **Journal of Cereal Science**, v. 57, n. 1, p. 91-97, 2013/01/01/ 2013. ISSN 0733-5210. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0733521012002305> >.

HAN, A. et al. Effect of egg white solids on the rheological properties and bread making performance of gluten-free batter. **Food Hydrocolloids**, v. 87, p. 287-296, 2019/02/01/ 2019. ISSN 0268-005X. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X18311470> >.

HAUSCH, F. et al. Intestinal digestive resistance of immunodominant gliadin peptides. **American journal of physiology. Gastrointestinal and liver physiology**, v. 283 p.996-1003, 2002. Disponível em: 10.1152/ajpgi.00136.2002

HOSENEY, R. C. Principles of cereal science and technology. **American Association of Cereal Chemists (AACC)**, Ed. 2, p.242-243, 1994. ISBN 0913250791.

IZQUIERDO, N. G. et al. Modeling the Response of Fatty Acid Composition to Temperature in a Traditional Sunflower Hybrid. **Agronomy Journal**, v. 98, n. 3, p. 451-461, 2006. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.2134/agronj2005.0083> >.

JELIAZKOV et al. Oil Content and Saturated Fatty Acids in Sunflower as a Function of Planting Date, Nitrogen Rate, and Hybrid. **Agronomy journal**, v. 101, n. 4, p. 1003-1011, 2009.

JONES, O. R. Yield, Water-Use Efficiency, and Oil Concentration and Quality of Dryland Sunflower Grown in the Southern High Plains1. **Agronomy Journal**, v. 76, n. 2, p. 229-235, 1984. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.2134/agronj1984.00021962007600020014x> >.

KARLSSON, R.; OLERED, R.; ELIASSON, A.-C. Changes in Starch Granule Size Distribution and Starch Gelatinization Properties During Development and Maturation of Wheat, Barley and Rye. **Starch - Stärke**, v. 35, n. 10, p. 335-340, 1983. ISSN 0038-9056. Disponível em: < <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/star.19830351002> >.

KÁRPÁTI, S. Dermatitis herpetiformis: close to unravelling a disease. **Journal of Dermatological Science**, v. 34, n. 2, p. 83-90, 2004/04/01/ 2004. ISSN 0923-1811. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0923181103002482> >.

_____. Dermatitis herpetiformis. **Clinics in Dermatology**, v. 30, n. 1, p. 56-59, 2012/01/01/ 2012. ISSN 0738-081X. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0738081X11000861> >.

KAWAMURA-KONISHI, Y. et al. Improvement in gluten-free rice bread quality by protease treatment. **Journal of Cereal Science**, v. 58, n. 1, p. 45-50, 2013/07/01/ 2013. ISSN 0733-5210. Disponible em: <
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0733521013000635> >.

KRAITHONG, S.; LEE, S.; RAWDKUEN, S. Physicochemical and functional properties of Thai organic rice flour. **Journal of Cereal Science**, v. 79, p. 259-266, 2018/01/01/ 2018. ISSN 0733-5210. Disponible em: <
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0733521017306239> >.

KUCEK, L. K. et al. A Grounded Guide to Gluten: How Modern Genotypes and Processing Impact Wheat Sensitivity. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 14, n. 3, p. 285-302, 2015. ISSN 1541-4337. Disponible em: <
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1541-4337.12129> >.

LAGRAVÈRE, T. et al. Comparison of Fatty Acid Metabolism of Two Oleic and One Conventional Sunflower Hybrids: A New Hypothesis. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 190, n. 4, p. 223-229, 2004. ISSN 0931-2250. Disponible em: <
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1439-037X.2004.00099.x> >.

LAJARA, J. R.; DIAZ, U.; QUIDIELLO, R. D. Definite influence of location and climatic conditions on the fatty acid composition of sunflower seed oil. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 67, n. 10, p. 618-623, 1990. ISSN 0003-021X. Disponible em: <
<https://aocs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1007/BF02540410> >.

LAZARIDOU, A. et al. Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. **Journal of Food Engineering**, v. 79, n. 3, p. 1033-1047, 2007/04/01/ 2007. ISSN 0260-8774. Disponible em: <
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877406003025> >.

LE CLEF, E.; KEMPER, T. 8 - Sunflower Seed Preparation and Oil Extraction. In: MARTÍNEZ-FORCE, E.; DUNFORD, N. T., et al (Ed.). **Sunflower**: AOCS Press, 2015. p.187-226. ISBN 978-1-893997-94-3.

MACHADO ALENCAR, N. M. et al. Addition of quinoa and amaranth flour in gluten-free breads: Temporal profile and instrumental analysis. **LWT - Food Science and Technology**, v. 62, n. 2, p. 1011-1018, 2015/07/01/ 2015. ISSN 0023-6438. Disponible em: <
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643815001322> >.

MARIOTTI, M. et al. The role of corn starch, amaranth flour, pea isolate, and Psyllium flour on the rheological properties and the ultrastructure of gluten-free doughs. **Food Research International**, v. 42, n. 8, p. 963-975, 2009/10/01/ 2009. ISSN 0963-9969. Disponible em: <
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996909001240> >.

MARIOTTI, M.; PAGANI, M. A.; LUCISANO, M. The role of buckwheat and HPMC on the breadmaking properties of some commercial gluten-free bread mixtures. **Food Hydrocolloids**, v. 30, n. 1, p. 393-400, 2013/01/01/ 2013. ISSN 0268-005X. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X12001580> >.

MASURE, H. G.; FIERENS, E.; DELCOUR, J. A. Current and forward looking experimental approaches in gluten-free bread making research. **Journal of Cereal Science**, v. 67, p. 92-111, 2016/01/01/ 2016. ISSN 0733-5210. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0733521015300655> >.

MASURE, H. G. et al. Impact of egg white and soy proteins on structure formation and crumb firming in gluten-free breads. **Food Hydrocolloids**, v. 95, p. 406-417, 2019/10/01/ 2019. ISSN 0268-005X. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X19302188> >.

MATOS, M. E.; SANZ, T.; ROSELL, C. M. Establishing the function of proteins on the rheological and quality properties of rice based gluten free muffins. **Food Hydrocolloids**, v. 35, p. 150-158, 2014/03/01/ 2014. ISSN 0268-005X. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X13001434> >.

MILLER, N.; PRETORIUS, E. Evaluation of the effect of processing on sunflower protein quality. **Food Chemistry**, v. 17, n. 1, p. 65-70, 1985/01/01/ 1985. ISSN 0308-8146. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0308814685900949> >.

MOAYEDALLAIE, S.; MIRZAEI, M.; PATERSON, J. Bread improvers: Comparison of a range of lipases with a traditional emulsifier. **Food Chemistry**, v. 122, n. 3, p. 495-499, 2010/10/01/ 2010. ISSN 0308-8146. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814609012266> >.

MOHAMMADI, M. et al. Development of gluten-free bread using guar gum and transglutaminase. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, v. 21, p. 1398-1402, 2015/01/25/ 2015. ISSN 1226-086X. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1226086X14003116> >.

MOHAMMADI, M. et al. Development of gluten-free flat bread using hydrocolloids: Xanthan and CMC. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, v. 20, n. 4, p. 1812-1818, 2014/07/25/ 2014. ISSN 1226-086X. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1226086X13003985> >.

MOORE, M. M. et al. Textural Comparisons of Gluten-Free and Wheat-Based Doughs, Batters, and Breads. **Cereal Chemistry**, v. 81, n. 5, p. 567-575, 2004. ISSN 0009-0352. Disponível em: < <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1094/CCHEM.2004.81.5.567> >.

MOREIRA, R.; CHENLO, F.; TORRES, M. D. Effect of chia (*Sativa hispanica* L.) and hydrocolloids on the rheology of gluten-free doughs based on chestnut flour. **LWT - Food Science and Technology**, v. 50, n. 1, p. 160-166, 2013/01/01/ 2013. ISSN 0023-6438. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643812002654> >.

MORONI, A. V.; DAL BELLO, F.; ARENDT, E. K. Sourdough in gluten-free bread-making: An ancient technology to solve a novel issue? **Food Microbiology**, v. 26, n. 7, p. 676-684, 2009/10/01/ 2009. ISSN 0740-0020. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0740002009001634> >.

NAQASH, F. et al. Gluten-free baking: Combating the challenges - A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 66, p. 98-107, 2017. ISSN 0924-2244. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224415301230> >.

NESTERENKO, A. et al. A new way of valorizing biomaterials: The use of sunflower protein for α -tocopherol microencapsulation. **Food Research International**, v. 53, n. 1, p. 115-124, 2013/08/01/ 2013. ISSN 0963-9969. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996913002482> >.

NICOLAE, A.; RADU, G.-L.; BELC, N. Effect of sodium carboxymethyl cellulose on gluten-free dough rheology. **Journal of Food Engineering**, v. 168, p. 16-19, 2016/01/01/ 2016. ISSN 0260-8774. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877415003052> >.

NIEWINSKI, M. M. Advances in Celiac Disease and Gluten-Free Diet. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 108, n. 4, p. 661-672, 2008/04/01/ 2008. ISSN 0002-8223. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0002822308000126> >.

NOZAWA, M.; ITO, S.; ARAI, E. Effect of ovalbumin on the quality of gluten-free rice flour bread made with soymilk. **LWT - Food Science and Technology**, v. 66, p. 598-605, 2016/03/01/ 2016. ISSN 0023-6438. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643815303017> >.

ONYANGO, C.; UNBEHEND, G.; LINDHAUER, M. G. Effect of cellulose-derivatives and emulsifiers on creep-recovery and crumb properties of gluten-free bread prepared from sorghum and gelatinised cassava starch. **Food Research International**, v. 42, n. 8, p. 949-955, 2009/10/01/ 2009. ISSN 0963-9969. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996909001288> >.

OSORIO, J. et al. Mutant Sunflowers with High Concentration of Saturated Fatty Acids in the Oil. **Crop Science**, v. 35, n. 3, p. 739-742, 1995. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1995.0011183X003500030016x> >.

PARKER, R.; RING, S. G. Aspects of the Physical Chemistry of Starch. **Journal of Cereal Science**, v. 34, n. 1, p. 1-17, 2001/07/01/ 2001. ISSN 0733-5210. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0733521000904028> >.

PEDROCHE, J. 13 - Utilization of Sunflower Proteins. In: MARTÍNEZ-FORCE, E.; DUNFORD, N. T., *et al* (Ed.). **Sunflower**: AOCS Press, 2015. p.395-439. ISBN 978-1-893997-94-3.

PICKARDT, C. *et al*. Pilot plant preparation of light-coloured protein isolates from de-oiled sunflower (*Helianthus annuus* L.) press cake by mild-acidic protein extraction and polyphenol adsorption. **Food Hydrocolloids**, v. 44, p. 208-219, 2015/02/01/ 2015. ISSN 0268-005X. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X14003269> >.

PONGJARUVAT, W. *et al*. Influence of pregelatinised tapioca starch and transglutaminase on dough rheology and quality of gluten-free jasmine rice breads. **Food Hydrocolloids**, v. 36, p. 143-150, 2014/05/01/ 2014. ISSN 0268-005X. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X13002920> >.

QIN, Y. 7 - Seaweed Hydrocolloids as Thickening, Gelling, and Emulsifying Agents in Functional Food Products. In: QIN, Y. (Ed.). **Bioactive Seaweeds for Food Applications**: Academic Press, 2018. p.135-152. ISBN 978-0-12-813312-5.

RAYMENT, P.; ELLIS, P. R. GUMS | Nutritional Role of Guar Gum. In: CABALLERO, B. (Ed.). **Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition (Second Edition)**. Oxford: Academic Press, 2003. p.3012-3021. ISBN 978-0-12-227055-0.

RENZETTI, S.; ARENDT, E. K. Effect of protease treatment on the baking quality of brown rice bread: From textural and rheological properties to biochemistry and microstructure. **Journal of Cereal Science**, v. 50, n. 1, p. 22-28, 2009/07/01/ 2009. ISSN 0733-5210. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0733521009000332> >.

RENZETTI, S.; DAL BELLO, F.; ARENDT, E. K. Microstructure, fundamental rheology and baking characteristics of batters and breads from different gluten-free flours treated with a microbial transglutaminase. **Journal of Cereal Science**, v. 48, n. 1, p. 33-45, 2008/07/01/ 2008. ISSN 0733-5210. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0733521007001506> >.

REWERS, M. Epidemiology of celiac disease: What are the prevalence, incidence, and progression of celiac disease? **Gastroenterology**, v. 128, n. 4, Supplement 1, p. S47-S51, 2005/04/01/ 2005. ISSN 0016-5085. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S001650850500199X> >.

ROSELL, C. M.; MARCO, C. Rice. In: (Ed.). **Gluten-Free Cereal Products and Beverages**, 2008. p.81-100.

ROSELL, C. M.; ROJAS, J. A.; BENEDITO DE BARBER, C. Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. **Food Hydrocolloids**, v. 15, n. 1, p. 75-81, 2001/01/01/2001. ISSN 0268-005X. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X00000540> >.

ROZENBERG, O. et al. A new algorithm for the diagnosis of celiac disease. **Cellular & molecular immunology**, v. 8, n. 2, p. 146-149, 2011. ISSN 2042-0226/1672-7681. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21317919> >

SABANIS, D.; TZIA, C. Selected Structural Characteristics of HPMC-Containing Gluten Free Bread: A Response Surface Methodology Study for Optimizing Quality. **International Journal of Food Properties**, v. 14, n. 2, p. 417-431, 2011/02/28 2011. ISSN 1094-2912. Disponível em: < <https://doi.org/10.1080/10942910903221604> >.

SALAS, J. J.; BOOTELLO, M. A.; GARCÉS, R. 14 - Food Uses of Sunflower Oils. In: MARTÍNEZ-FORCE, E.; DUNFORD, N. T., *et al* (Ed.). **Sunflower**: AOCS Press, 2015. p.441-464. ISBN 978-1-893997-94-3.

SALGADO, P. R. et al. Production and characterization of sunflower (*Helianthus annuus* L.) protein-enriched products obtained at pilot plant scale. **LWT - Food Science and Technology**, v. 45, n. 1, p. 65-72, 2012/01/01/ 2012. ISSN 0023-6438. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643811002222> >.

SÁNCHEZ-MUNIZ, F. J.; BASTIDA, S.; BENEDÍ, J. Sunflower Oil. In: CABALLERO, B.; FINGLAS, P. M., *et al* (Ed.). **Encyclopedia of Food and Health**. Oxford: Academic Press, 2016. p.217-226. ISBN 978-0-12-384953-3.

SAVVA, S. C.; KAFATOS, A. Vegetable Oils: Dietary Importance. In: CABALLERO, B.; FINGLAS, P. M., *et al* (Ed.). **Encyclopedia of Food and Health**. Oxford: Academic Press, 2016. p.365-372. ISBN 978-0-12-384953-3.

SCHERF, K. A.; KOEHLER, P.; WIESER, H. Gluten and wheat sensitivities – An overview. **Journal of Cereal Science**, v. 67, p. 2-11, 2016/01/01/ 2016. ISSN 0733-5210. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0733521015300394> >.

SCHOBER, T. J.; BEAN, S. R.; BOYLE, D. L. Gluten-free sorghum bread improved by sourdough fermentation: Biochemical, rheological, and microstructural background. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 13, p. 5137-5146, 2007. Disponível em: < <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-34447330150&doi=10.1021%2Fjf0704155&partnerID=40&md5=71f604a754903d6a46a24dc68138cbfb> >.

SCIARINI, L. S. et al. Effect of hydrocolloids on gluten-free batter properties and bread quality. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 45, n. 11, p. 2306-2312, 2010. Disponível em: < <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-78349246324&doi=10.1111%2fj.1365-2621.2010.02407.x&partnerID=40&md5=438783eb0cdb40db448cf0e14fa32c08> >.

SEILER, G. J.; GULYA, T. J. Sunflower: Overview. In: (Ed.). **Reference Module in Food Science**: Elsevier, 2016. ISBN 978-0-08-100596-5.

SHEVKANI, K. et al. Cowpea protein isolates: Functional properties and application in gluten-free rice muffins. **LWT - Food Science and Technology**, v. 63, n. 2, p. 927-933, 2015/10/01/ 2015. ISSN 0023-6438. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643815003400> >.

SHEWRY, P. R. The Major Seed Storage Proteins of Spelt Wheat, Sorghum, Millets and Pseudocereals. In: (Ed.). **Pseudocereals and Less Common Cereals: Grain Properties and Utilization Potential**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2002. p.1-24. ISBN 978-3-662-09544-7.

SHITTU, T. A.; AMINU, R. A.; ABULUDE, E. O. Functional effects of xanthan gum on composite cassava-wheat dough and bread. **Food Hydrocolloids**, v. 23, n. 8, p. 2254-2260, 2009/12/01/ 2009. ISSN 0268-005X. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X09001155> >.

STAMPFLI, L.; NERSTEN, B. Emulsifiers in bread making. **Food Chemistry**, v. 52, n. 4, p. 353-360, 1995/01/01/ 1995. ISSN 0308-8146. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030881469593281U> >.

STIKIC, R. et al. Agronomical and nutritional evaluation of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.) as an ingredient in bread formulations. **Journal of Cereal Science**, v. 55, n. 2, p. 132-138, 2012/03/01/ 2012. ISSN 0733-5210. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0733521011001901> >.

STORCK, C. R. et al. Protein enrichment and its effects on gluten-free bread characteristics. **LWT - Food Science and Technology**, v. 53, n. 1, p. 346-354, 2013/09/01/ 2013. ISSN 0023-6438. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643813000509> >.

SWORN, G. 8 - Xanthan gum. In: PHILLIPS, G. O. e WILLIAMS, P. A. (Ed.). **Handbook of Hydrocolloids (Second Edition)**: Woodhead Publishing, 2009. p.186-203. ISBN 978-1-84569-414-2.

TAYLOR, J.; ROSELL, C. Foreword to special issue on Cereal Based Non-gluten Dough Systems. **Journal of Cereal Science**, v. 67, p. 1, 2016/01/01/ 2016. ISSN 0733-5210. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0733521015000995> >.

TEBBEN, L.; SHEN, Y.; LI, Y. Improvers and functional ingredients in whole wheat bread: A review of their effects on dough properties and bread quality. **Trends in Food Science & Technology**, v. 81, p. 10-24, 2018/11/01/ 2018. ISSN 0924-2244. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224418301274> >.

THARISE, N.; JULIANTI, E.; NURMINAH, M. Evaluation of physico-chemical and functional properties of composite flour from cassava, rice, potato, soybean and xanthan gum as alternative of wheat flour. **International Food Research Journal**, Serdang, v. 21, n. 4, p. 1641-1649, 2014. ISSN 1985-4668.

TORBICA, A.; HADNAĐEV, M.; DAPČEVIĆ, T. Rheological, textural and sensory properties of gluten-free bread formulations based on rice and buckwheat flour. **Food Hydrocolloids**, v. 24, n. 6, p. 626-632, 2010/08/01/ 2010. ISSN 0268-005X. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X10000494> >.

TOPPER, Amanda . **Non-celiacs drive gluten-free market growth**. London: Mintel, 2014. Disponível em: <https://www.mintel.com/blog/food-market-news/gluten-free-consumption-trends>. Acesso em: 29 nov. 2019.

TURKUT, G. M. et al. Effect of quinoa flour on gluten-free bread batter rheology and bread quality. **Journal of Cereal Science**, v. 69, p. 174-181, 2016/05/01/ 2016. ISSN 0733-5210. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0733521016300376> >.

USDA. Grain: World Markets and Trade. 2019a. Disponível em: < <https://downloads.usda.library.cornell.edu/usda-esmis/files/zs25x844t/tq57p247h/7p88ct194/grain.pdf> >. Acesso em: 28 de julho de 2019.

_____. Oilseeds: World Markets and Trade. 2019b. Disponível em: < <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/oilseeds.pdf> >. Acesso em: 08 de maio de 2019.

VAN DER MERWE, R. Stability of seed oil quality traits in high and mid-oleic acid sunflower hybrids. **Euphytica**, v. v. 193, n. no. 2, p. pp. 157-168-2013 v.193 no.2, 2013-09 2013.

VAN GINKEL, C. G. 2.1 - Ultimate Biodegradation of Ingredients Used in Cleaning Agents. In: JOHANSSON, I. e SOMASUNDARAN, P. (Ed.). **Handbook for Cleaning/Decontamination of Surfaces**. Amsterdam: Elsevier Science B.V., 2007. p.655-694. ISBN 978-0-444-51664-0.

VAN RIEMSDIJK, L. E. et al. A novel method to prepare gluten-free dough using a meso-structured whey protein particle system. **Journal of Cereal Science**, v. 53, n. 1, p. 133-138, 2011/01/01/ 2011. ISSN 0733-5210. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0733521010002006> >.

VELICOGNA, R.; SHEA MILLER, S. Wet Milling of Wheat. In: (Ed.). **Reference Module in Food Science**: Elsevier, 2016. ISBN 978-0-08-100596-5.

WALUSIAK, J. et al. Respiratory allergy in apprentice bakers: do occupational allergies follow the allergic march? **Allergy**, v. 59, n. 4, p. 442-450, 2004. ISSN 0105-4538. Disponível em: < <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1398-9995.2003.00418.x> >.

WANG, K. et al. Recent developments in gluten-free bread baking approaches: a review. **Food Science and Technology**, v. 37, p. 1-9, 2017. ISSN 0101-2061.

WEI, X.; HUANG, X. 1 - Origin, taxonomy, and phylogenetics of rice. In: BAO, J. (Ed.). **Rice (Fourth Edition)**: AACC International Press, 2019. p.1-29. ISBN 978-0-12-811508-4.

WEI, Y. M.; ZHANG, G. Q.; LI, Z. X. Study on nutritive and physico-chemical properties of buckwheat flour. **Nahrung**, v. 39, p. 48-54, 1995.

WIESER, H. Chemistry of gluten proteins. **Food Microbiology**, v. 24, n. 2, p. 115-119, 2007/04/01/ 2007. ISSN 0740-0020. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0740002006001535> >.

WITCZAK, M. et al. The effects of maltodextrins on gluten-free dough and quality of bread. **Journal of Food Engineering**, v. 96, n. 2, p. 258-265, 2010/01/01/ 2010. ISSN 0260-8774. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S026087740900380X> >.

XHAKOLLARI, V.; CANAVARI, M.; OSMAN, M. Factors affecting consumers' adherence to gluten-free diet, a systematic review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 85, p. 23-33, 2019/03/01/ 2019. ISSN 0924-2244. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224418305703> >.

YANO, H. et al. Development of gluten-free rice bread: Pickering stabilization as a possible batter-swelling mechanism. **LWT - Food Science and Technology**, v. 79, p. 632-639, 2017/06/01/ 2017. ISSN 0023-6438. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643816307769> >.

YE, L. et al. Thermal and rheological properties of brown flour from Indica rice. **Journal of Cereal Science**, v. 70, p. 270-274, 2016/07/01/ 2016. ISSN 0733-5210. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0733521016301291> >.

ZANNINI, E. et al. Functional replacements for gluten. **Annual Review of Food Science and Technology**, v. 3, n. 1, p. 227-245, 2012. Disponível em: < <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84862644402&doi=10.1146%2fannurev-food-022811-101203&partnerID=40&md5=73c3dc66a3d775a4f6c3edb6a87472dd> >.

ZIOBRO, R. et al. Influence of modified starches on properties of gluten-free dough and bread. Part II: Quality and staling of gluten-free bread. **Food Hydrocolloids**, v. 29, n. 1, p. 68-74, 2012/10/01/ 2012. ISSN 0268-005X. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X12000409> >.

ZIOBRO, R. et al. Supplementation of gluten-free bread with non-gluten proteins. Effect on dough rheological properties and bread characteristic. **Food Hydrocolloids**, v. 32, n. 2, p. 213-220, 2013/08/01/ 2013. ISSN 0268-005X. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X13000210> >.

ZUIDMEER, L. et al. The prevalence of plant food allergies: A systematic review. **Journal of Allergy and Clinical Immunology**, v. 121, n. 5, p. 1210-1218.e4, 2008/05/01/ 2008. ISSN 0091-6749. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0091674908004065> >.

APÊNDICE

ANÁLISE SENSORIAL DE PÃO SEM GLÚTEN COM CONCENTRADO PROTEICO DE GIRASSOL

Data:/...../.....

Idade:

PROCEDIMENTOS

Você está recebendo três amostras de PAO SEM GLUTEN COM CONCENTRADO PROTEICO DE GIRASSOL. Prove as amostras da esquerda para direita bebendo água entre as mesmas. Avalie as características de aparência, cor, odor, textura, sabor, sabor residual e aceitação global das amostras e atribua notas para aceitação de cada atributo, segundo tabela abaixo:

Aceitação
1- desgostei muitíssimo
2- desgostei muito
3- desgostei moderadamente
4- desgostei levemente
5- nem gostei nem desgostei
6- gostei levemente
7- gostei moderadamente
8- gostei muito
9- gostei muitíssimo

Anotar para cada característica e cada amostra o resultado na tabela abaixo. Proceder, avaliando primeiro a aparência, cor e odor. Através de degustação, avaliar textura, sabor, sabor residual e aceitação global.

	AMOSTRA 896	AMOSTRA 264	AMOSTRA 688
Aparência			
Cor			
Odor			
Textura			
Sabor			
Sabor residual			
Aceitação global			

Comentários

Você compraria um destes produtos? () sim Qual?

() não