

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

LUIZA PELINSON TRIDAPALLI

DESCRIÇÃO SENSORIAL DE PÃES ISENTOS DE GLÚTEN

CAMPO MOURÃO

2021

LUIZA PELINSON TRIDAPALLI

DESCRIÇÃO SENSORIAL DE PÃES ISENTOS DE GLÚTEN

Sensory description of gluten-free breads

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos do Curso Superior de Engenharia de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR campus Campo Mourão.

Orientador: Prof. Dra. Renata Hernandez Barros Fuchs

CAMPO MOURÃO

2021



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es).

Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

LUIZA PELINSON TRIDAPALLI

DESCRIÇÃO SENSORIAL DE PÃES ISENTOS DE GLÚTEN

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

01 de dezembro de 2021.

Prof.^a Dr.^a Renata Hernandez Barros Fuchs
Doutorado em Ciência de Alimentos
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.^a Dr.^a Adriana Aparecida Droval
Doutorado em Ciência de Alimentos
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.^a Dr.^a Flávia Aparecida Reitz Cardoso
Doutorado em Engenharia Química
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

CAMPO MOURÃO
2021

AGRADECIMENTOS

Agradeço a inesgotável paciência, a imensurável atenção e o imprescindível apoio de todos que, direta ou indiretamente, tornaram possível a realização deste trabalho e a conclusão da graduação. Minha família, meus amigos e o corpo docente da universidade, em especial minha professora orientadora, os professores da banca avaliadora e os que contribuíram de maneira valiosa durante minha trajetória. Muito obrigada.

RESUMO

O glúten é uma proteína presente em cereais como trigo, centeio, cevada, triticale e aveia, que forma uma massa viscoelástica capaz de aprisionar o gás formado durante a fermentação e o cozimento dos produtos. Devido a essas propriedades, substituir a farinha de trigo em pães por outro ingrediente é um desafio. Algumas pessoas apresentam intolerância a essa proteína, que é o caso dos portadores da doença celíaca, da qual o tratamento consiste na exclusão dos alimentos que contenham glúten da dieta. Embora o espaço dos alimentos sem glúten tenha crescido no mercado, os celíacos relatam que a oferta de alimentos apropriados e favorecidos nutricional e sensorialmente ainda é restrita. Por isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar sensorialmente, por meio das metodologias de teste de aceitação, Perfil Flash, *Check-All-That-Apply* (CATA) e *Just About Right* (JAR), formulações de pão sem glúten elaborados com as farinhas de sorgo, teff e yacon. Pelo delineamento experimental, nove formulações foram submetidas ao teste de aceitação, que forneceu a formulação otimizada pelas notas de impressão global das amostras. Nos testes seguintes, quatro formulações foram utilizadas para as amostras, sendo F1 (100% sorgo), F2 (100% teff), F3 (100% yacon) e F4 (formulação otimizada, com 33,33% de cada farinha). A F1 foi representada pelos atributos cor marrom, vermelha e rosa, bolhas, maciez, dureza da casca, elasticidade, sabor salgado, agradável e de pão, furos e odor de fermento de pão. A F2 apresentou cor marrom, bolhas, dureza, facilidade de mastigar, maciez, elasticidade, gosto salgado e textura da casca. F3 foi descrita pelos atributos cor verde, amargor, doçura, umidade, facilidade de mastigar, maciez, textura do miolo e gosto doce. A F4 foi caracterizada pelos atributos cor verde e marrom, amargor, doçura, umidade, facilidade de mastigar, bolhas, odor de pão integral, maciez, sabor, consistência e aroma agradáveis e boa mastigabilidade, além de ter sido a mais bem avaliada em relação a impressão global. As metodologias de análise sensorial aplicadas destacaram que alguns atributos levantados pelos provadores podem ter significados semelhantes, apesar de serem expressos com vocabulário diferente, além de possibilitarem a obtenção do perfil sensorial descritivo das formulações, evidenciando atributos que viabilizam a utilização das farinhas de sorgo, teff e yacon na elaboração dos pães isentos de glúten e enfatizam que a mistura das três na formulação otimizada influencia positivamente nas características nutricionais e sensoriais do produto.

Palavras-chave: pão sem glúten; sorgo; teff; yacon; análise sensorial.

ABSTRACT

Gluten is a protein present in cereals like wheat, rye, barley, triticale, and oats, which forms a viscoelastic mass capable of trapping the gas formed during the fermentation and cooking of products. Due to these properties, replacing wheat flour in bread with another ingredient is a challenge. Some people have an intolerance to this protein, which is the case of people diagnosed with celiac disease, whose treatment consists of excluding foods that contain gluten from the diet. Although the space for gluten-free foods has grown in the market, the celiacs report that the supply of appropriate foods that are nutritionally and sensory favored is still restricted. Therefore, the aim of this study was to get a sensory evaluation, through the methodologies of acceptance thesis, Flash Profile, Check-All-That-Apply (CATA), and Just About Right (JAR), of gluten-free bread formulations elaborated with sorghum, teff, and yacon flours. By the experimental design, nine formulations were submitted to the acceptance test, which provided the optimized formulation through the samples' global impression notes. In the following tests, four formulations were used for the samples, being F1 (100% sorghum), F2 (100% teff), F3 (100% yacon), and F4 (optimized formulation, with 33.33% of each flour). F1 was represented by the attributes brown, red and pink colors, bubbles, softness, rind hardness, elasticity, salty, pleasant and bread taste, holes, and bread yeast odor. F2 had a brown color, bubbles, hardness, easy chewing, softness, elasticity, salty taste, and rind texture. F3 was described by the attributes green color, bitterness, sweetness, moisture, ease of chewing, softness, crumb texture, moisture, and sweet taste. F4 was characterized by the attributes green and brown colors, bitterness, sweetness, moisture, easiness of chewing, bubbles, whole-wheat bread odor, tenderness, pleasant flavor, consistency and aroma, and good chewiness, in addition to being the most highly rated in terms of the overall acceptance. These sensory analysis methodologies applied highlighted that some attributes raised by the evaluators may have similar meanings, despite being expressed with different vocabulary, in addition to enabling the obtaining of the descriptive sensory profile of the formulations, evidencing attributes that enable the use of sorghum flour, teff and yacon in the preparation of gluten-free bread and emphasize that the mixture of the three in the optimized formulation had positively impacted the nutritional and sensory characteristics of the product.

Keywords: gluten free bread; sorghum; teff; yacon; sensory analysis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Ficha do teste de aceitação.....	23
Figura 2 - Ficha do teste de Perfil Flash.....	25
Figura 3 - Ficha CATA.....	26
Figura 4 - Ficha JAR.....	27
Figura 5 - Desejabilidade para a formulação otimizada.....	29
Figura 6 - Superfície de resposta para a formulação otimizada.....	30
Figura 7 - Amostras das formulações F1, F2, F3 e F4, respectivamente	31
Figura 8 - Gráfico de Pareto com a variância em cada dimensão comum	31
Figura 9 - Gráfico de score no espaço comum para dimensões 1 e 2.	32
Figura 10 - Gráfico de Saliências	33
Figura 11 - Mapa percentual bidimensional fornecido pela AC (CATA)	37
Figura 12 - Dendograma para agrupamentos dos atributos (CATA)	38
Figura 13 - Mapa percentual bidimensional com agrupamento (CATA).....	39
Figura 14 - Mapa percentual bidimensional fornecido pela AC (JAR)	42
Figura 15 - Dendograma para agrupamentos dos atributos (JAR)	43
Figura 16 - Mapa percentual bidimensional com agrupamento (JAR)	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Formulação base dos pães para o delineamento experimental	21
Tabela 2 - Delineamento experimental para o teste de aceitação	22
Tabela 3 - Médias e desvios padrões da aceitação global das formulações	28
Tabela 4 - Correlações significativas ($p < 0,05$) entre a DC1 e os atributos	34
Tabela 5 - Descrição de frequência da avaliação dos atributos (CATA)	35
Tabela 6 - Coordenadas das colunas das variáveis	37
Tabela 7 - Descrição de frequência da avaliação dos atributos (JAR)	41
Tabela 8 - Coordenadas das colunas das variáveis	43

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS	12
2.1	Objetivo geral	12
2.2	Objetivos específicos.....	12
3	REFERENCIAL TEÓRICO	13
3.1	Glúten	13
3.2	Doença celíaca	13
3.2.1	Tratamento e produtos sem glúten.....	14
3.3	Pão.....	15
3.4	Sorgo	16
3.5	Teff.....	17
3.6	Yacon.....	17
3.7	Análise sensorial	18
3.7.1	Teste de aceitação	18
3.7.2	Perfil Flash	19
3.7.3	<i>Check-All-That-Apply</i> (CATA)	20
3.7.4	<i>Just About Right</i> (JAR).....	20
4	MATERIAL E MÉTODOS	21
4.1	Material.....	21
4.2	Elaboração dos pães.....	21
4.3	Análise microbiológica	22
4.4	Análise sensorial	23
4.4.1	Teste de aceitação	23
4.4.2	Perfil Flash	24
4.4.3	<i>Check-All-That-Apply</i> (CATA).....	25
4.4.4	<i>Just About Right</i> (JAR).....	26
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5.1	Análise microbiológica	28
5.2	Análise sensorial	28
5.2.1	Teste de aceitação	28
5.2.2	Perfil Flash	31
5.2.3	<i>Check-All-That-Apply</i> (CATA).....	34

5.2.4 <i>Just About Right</i> (JAR).....	40
6 CONCLUSÃO	45
REFERÊNCIAS.....	46

1 INTRODUÇÃO

O glúten é uma proteína que, quando misturado à água, forma uma massa viscoelástica capaz de aprisionar o gás formado durante a fermentação e o cozimento dos produtos de panificação. Está presente em cereais como trigo, centeio, cevada, triticale, aveia (por contaminação cruzada) e em seus respectivos maltes. Devido às propriedades tecnológicas que o glúten confere, substituir a farinha de trigo por outro ingrediente é um desafio, já que esta proteína é o principal componente da textura de rede da expansão da massa dos pães (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

Ainda que de tamanha utilidade na tecnologia de alimentos, algumas pessoas podem apresentar intolerância a essa proteína, que é o caso dos portadores da doença celíaca. Assim, o tratamento da doença é unicamente dietético, excluindo os alimentos que contenham os cereais onde o glúten está presente (ARAÚJO *et al.*, 2010).

Ao ter que restringir a dieta pela vida toda, uma vez que este é o tratamento eficaz, os celíacos se atentam mais à leitura dos rótulos dos alimentos e acabam diminuindo muito, em relação aos não portadores, o consumo de pães, macarrão, bolos, bolachas, cervejas e outros alimentos. Embora o espaço dos alimentos sem glúten tenha crescido no mercado, os celíacos relatam que a oferta de alimentos apropriados ainda é restrita, além de que os produtos disponíveis costumam ser de preço elevado (CÉSAR *et al.*, 2006; ARAÚJO *et al.*, 2010).

Em função de consumidores mais informados e exigentes, a crescente demanda por produtos saudáveis, nutritivos e destinados a dietas especiais contribui para uma necessidade contínua de novos produtos e de um sortimento alimentar mais diferenciado. O desenvolvimento de alimentos saudáveis é classificado como uma área de pesquisa muito importante, e mesmo que um alimento atenda às suas necessidades nutricionais, é improvável que seja aceito pelos consumidores se eles não gostarem do sabor ou de qualquer outro atributo do produto (DELIZA; ROSENTHAL; SILVA, 2003). Produtos sem glúten são relativamente caros e difíceis de encontrar nos países em desenvolvimento, enquanto em outros países (incluindo Holanda, Reino Unido, Nova Zelândia, Itália, Suécia e Finlândia), o governo subsidia esses produtos (GREEN; CELLIER, 2007).

Fundamental no processo de desenvolvimento de novos produtos, a análise sensorial fornece informações decisivas que auxiliam na compreensão de quais características agradam ou desagradam o consumidor daquele alimento. As metodologias disponíveis ajudam a prever o comportamento do consumidor frente ao novo produto em relação às suas características e informações provenientes de testes sensoriais, podendo conduzir a otimização de formulações e processos, o controle e estabelecimento dos padrões de qualidade do produto, estudos sobre o consumidor, sobre armazenamento e vida de prateleira (CARMO, 2018).

A farinha de trigo é a farinha mais utilizada na fabricação de pães, devido suas características atribuídas à presença do glúten, e sua substituição tem sido feita, principalmente, por farinhas de fácil acesso e baixo custo, como a farinha de arroz, amido ou farinha de milho, fubá, farinha de mandioca, polvilhos doce e azedo e fécula de batata, mas a qualidade nutricional acaba ficando em segundo plano (CÉSAR *et al.*, 2006; ARAÚJO *et al.*, 2010).

No preparo de pães com farinha de trigo, as propriedades do glúten tornam a massa firme e elástica, pois a proteína promove a formação da rede de retenção de gases, possibilitando moldar a massa consistente e flexível no formato desejado. Como os pães sem glúten não desenvolvem essas características, costumam ser preparados em formas, para garantir formato e estrutura do produto (COURI; GIADA, 2016).

Uma opção para melhorar a qualidade nutricional de pães sem glúten é a elaboração de formulações com mistura de farinhas oriundas de outros cereais ou raízes mais ricas em nutrientes, como sorgo, teff e yacon, que possuem melhor valor nutricional, maiores quantidades de fibra e lipídeos, antioxidantes, entre outros compostos benéficos do que as farinhas mais comumente utilizadas nesses produtos (PADILHA, *et al.*, 2010; FILHO; RODRIGUES, 2015; GUSSO; MATTANA; RICHARDS, 2015). De acordo com pesquisa da Associação de Celíacos do Brasil, 47% dos pacientes gostariam de encontrar pão sem glúten com maior facilidade (ACELBRA, 2004). Sendo assim, pesquisas e desenvolvimento de produtos sem glúten enriquecidos nutricionalmente devem incentivar a fabricação destes pela indústria (CÉSAR *et al.*, 2006).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Desenvolver e descrever sensorialmente formulações de pães isentos de glúten, utilizando as farinhas de sorgo, teff e yacon.

2.2 Objetivos específicos

- Desenvolver formulações de pão sem glúten substituindo a utilização exclusiva de farinha de arroz, comumente utilizada, pelas farinhas de sorgo, teff e yacon;
- Realizar análises microbiológicas dos produtos a serem submetidos à análise sensorial, seguindo legislação vigente garantindo a segurança alimentar;
- Avaliar a aceitação sensorial das formulações por meio de análise sensorial de teste de aceitação;
- Descrever sensorialmente as formulações pelas técnicas Perfil Flash, *Check-All-That-Apply* (CATA) e *Just About Right* (JAR).

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Glúten

O glúten, proteína presente nos cereais trigo, centeio, cevada, triticales (híbrido do trigo e centeio) e aveia, da tribo Triticeae, é composto por prolaminas específicas de cada um desses cereais, ainda que todos esses sejam convencionalmente englobados como glúten por serem capazes de ativar a doença celíaca (DC). O trigo possui as gliadinas e gluteninas, a cevada possui as hordeínas, o centeio, as secalinas e a aveia, aveninas. As aveninas, ainda que de estrutura semelhante aos demais peptídeos citados, raramente desencadeiam a DC, porém a aveia comercialmente disponível quase sempre é produzida junto com os outros cereais, podendo ocorrer contaminação cruzada (BONOW, 2009; KUPFER; JABRI, 2012; GREEN; CELLIER, 2007).

As prolaminas do trigo são geralmente divididas em duas classes: fração solúvel em álcool (gliadinas, monoméricas) e solúvel em ácidos e bases diluídos (gluteninas, poliméricas). Além disso, as gliadinas contribuem para a coesão e extensibilidade do glúten, enquanto as gluteninas desempenham um papel na manutenção da elasticidade e resistência do glúten. Compondo a maior parte do glúten, as gliadinas e gluteninas representam entre 80% e 85% de sua fração proteica e definem as propriedades viscoelásticas da massa (BALAKIREVA; ZAMYATNIN, 2016).

3.2 Doença celíaca

A DC é uma doença autoimune e de pré-disposição genética caracterizada pela intolerância ao glúten, que atua como agente patológico. Os portadores da doença têm haplótipos (combinação de um grupo de alelos de um cromossomo, herdados geneticamente) HLA específicos denominados DQ2 e/ou DQ8, que desencadeiam uma resposta imune à ingestão de glúten, podendo levar a sintomas intestinais e clínicos, além de outras doenças autoimunes associadas, como dermatite herpetiforme, diabetes mellitus tipo 1, tireoidite de Hashimoto e síndrome de Sjögren, além de outras síndromes que podem estar associadas (NÓBREGA, 2018).

Em pacientes com doença celíaca, as respostas imunológicas ao consumo de algum alimento que possui glúten promovem uma reação inflamatória, principalmente no intestino delgado superior. O intestino humano é revestido internamente por vasos sanguíneos e linfáticos que compõem vilosidades, que aumentam a área de contato do intestino e por isso favorecem a absorção dos nutrientes obtidos no processo digestivo. As reações imunológicas e inflamatórias do contato do glúten com o organismo fazem com que essas vilosidades atrofiem, lesionando a mucosa do intestino e diminuindo a área da superfície de contato, o que resulta em uma má absorção dos nutrientes e gera os sintomas da reação inflamatória no indivíduo (TYE-DIN; GALIPEAU; AGARDH, 2018; GREEN; CELLIER, 2007).

Uma das doenças autoimunes mais elucidadas e uma das intolerâncias alimentares permanentes mais comuns entre humanos, atinge aproximadamente 1% da população mundial, tendo maior prevalência nas populações da Europa e EUA, e menor em países da América Latina, como o Brasil. Sua prevalência pode estar relacionada com a proporção local do consumo dos cereais que contém glúten, com a existência de fatores genéticos e ambientais e com a variabilidade da microbiota da população, influenciada pela existência de infecções intestinais e pelas condições socioeconômicas (NÓBREGA, 2018; DEGEORGE *et al.*, 2017).

3.2.1 Tratamento e produtos sem glúten

Até hoje o único tratamento aceito para a DC pode ser chamado de terapia nutricional, que consiste em uma dieta com restrição ao glúten ao longo da vida. Embora trigo, centeio, cevada, triticale e aveia devam ser evitados, existem outros grãos que podem servir como substitutos, bem como outras fontes de amido que podem fornecer farinhas para cozinhar e assar, porém podem ocorrer deficiências de micronutrientes em consequência dessa dieta, relacionadas ao desenvolvimento de patologias como deficiência de ferro, redução da densidade mineral óssea, deficiência de micronutrientes, complicações obstétricas e reprodutivas, atraso da puberdade, distúrbios neuropsiquiátricos, entre outros (GREEN; CELLIER, 2007; MEIJER *et al.*, 2018).

No Brasil, de acordo com o Art. 1º da Lei nº 10.674, de 16 de maio de 2003, “todos os alimentos industrializados deverão conter em seu rótulo e bula,

obrigatoriamente, as inscrições ‘contém Glúten’ ou ‘não contém Glúten’, conforme o caso” (BRASIL, 2003). Tendo que seguir uma dieta rigorosa, os portadores da DC têm um poder de escolha de alimentos industrializados restrito, tendo que excluir alimentos como pães, macarrão, bolachas, bolos, cervejas e outros, a não ser quando esses são produzidos substituindo as matérias-primas quem contém glúten por outras opções como arroz, milho, mandioca, batata, entre outros que podem acarretar deficiência de nutrientes (CÉSAR *et al.*, 2006).

A produção de alimentos sem glúten deve seguir as mesmas normas da produção de alimentos alergênicos, uma vez que os cereais que contém glúten são classificados como ingredientes alergênicos e tratamento de alergias também consiste na restrição alimentar. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) disponibiliza um guia de ações para a produção destes alimentos, que incluem orientações sobre a rotulagem correta, implementação o Programa de Controle de Alergênicos (PCA) em conjunto com as Boas Práticas de Fabricação (BPF) e ao sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de controle (APPCC), entre outras formas de evitar a ocorrência de contaminação cruzada (ANVISA, 2018).

Então, como a produção de alimentos sem glúten deve seguir alguns critérios para evitar contaminação cruzada, faltam produtos industrializados especiais sem glúten por preço acessível e, ao mesmo tempo, com qualidade nutricional no mercado brasileiro, onde os pacientes acabam precisando de tempo e dedicação para preparar as próprias refeições (CÉSAR *et al.*, 2006).

3.3 Pão

Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária na Resolução RDC nº 263 de 22 de setembro de 2005, “pães são os produtos obtidos da farinha de trigo e ou outras farinhas, adicionados de líquido, resultantes do processo de fermentação ou não e cocção, podendo conter outros ingredientes, desde que não descaracterizem os produtos. Podem apresentar cobertura, recheio, formato e textura diversos” (BRASIL, 2005). O pão é um produto popular consumido de várias maneiras em lanches e refeições, muito apreciado por conta de sua aparência, sabor, preço e disponibilidade (BATTOCHIO *et al.*, 2006).

A rede de retenção do gás carbônico que o glúten é responsável por formar durante a fermentação e a cocção contribui para a aparência e estrutura do miolo do

pão por suas propriedades de extensibilidade, elasticidade e viscosidade. Diante disso, a elaboração de pães isentos de glúten provoca um desafio devido às características tecnológicas que ele proporciona, sendo necessária a combinação de diferentes ingredientes e possíveis alterações nos processos tradicionais de fabricação. Como exemplo, a farinha de arroz é facilmente digerida, possui sabor e odor neutros e é encontrada com facilidade, por isso tem sido utilizada como matéria-prima em pães como substituto da farinha de trigo (WALTER; MARCHEZAN; AVILA, 2008; DORS; CASTIGLIONE; RUIZ, 2006). Porém, a farinha de arroz não desenvolve a rede proteica que o glúten desenvolve nas massas e por isso pode e deve ser combinada com outros ingredientes como hidrocoloides, emulsificantes, produtos lácteos, enzimas e farinhas à base de cereais e tubérculos para complementar o valor nutricional e as propriedades tecnológicas e funcionais das formulações dos produtos (GALLAGHER, GORMLEY e ARENDT, 2003).

Um dos aditivos que vem sendo testado na elaboração de pães sem glúten é a enzima transglutaminase, que catalisa reações entre as proteínas da formulação, podendo contribuir com a estrutura, umidade e maciez dos pães, por formar redes proteicas semelhantes às do glúten (CAPRILES; ARÉAS, 2011).

3.4 Sorgo

O sorgo (*Sorghum bicolor* Moench) é um cereal da família das gramíneas, cultivado em áreas tropicais semiáridas e que ocupa o quinto lugar no ranking de grãos mais produzidos no mundo e o quarto do Brasil, ainda que o foco da produção no Brasil seja o grão para alimentação animal (AWIKA; ROONEY, 2004; FAOSTAT, 2010). É caracterizado pela grande quantidade de taninos condensados, que conferem coloração vermelha e/ou marrom e sabor característico ao grão, além de o proteger de fungos e microrganismos patógenos e ter capacidade antioxidante (EARP; MCDONOUGH; ROONEY, 2004; WANISKA, 2000).

Composto por amido (entre 55,6% e 75,2%), proteínas (entre 7,3% e 15,6%), fibra alimentar (entre 1,2% e 6,6%) e lipídios (entre 0,5% e 5,2%), o consumo de sorgo traz benefícios à saúde devido à presença de fibras, taninos e compostos fenólicos em sua composição, além do grão não contém glúten, o que faz de sua farinha adequada para o mercado de produtos para pacientes celíacos, podendo ser otimizada para a utilização em bolos, pães cookies e outros produtos,

ainda que em quantidades controladas, já que pode afetar as características organolépticas do produto final (MARTINO *et al.*, 2012; JAFARI; KOOCHKEI; MILANI, 2017).

3.5 Teff

O grão muito pequeno de teff ou tef (*Eragrostis tef*) é proveniente da Etiópia, onde é culturalmente importante e utilizado na produção de alimentos e bebidas tradicionais, principalmente o injera, um tipo de pão produzido com o grão. Também é cultivado em áreas tropicais e é nutricionalmente rico em fibras, carboidratos, cálcio, zinco, fósforo, cobre, alumínio, bário e tiamina (GAMBOA; EKRISS, 2008). É também fonte de compostos bioativos, como os polifenóis, e possui atividade antioxidante, além de poder contribuir no tratamento de pacientes anêmicos e diabéticos (ZHU, 2018).

Além de ser uma boa opção para a aplicação em alimentos por possuir propriedades funcionais e contribuir com os valores nutricionais, a farinha de teff pode contribuir em características como textura, sabor, aroma e digestibilidade (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1996; YETNEBERK *et al.*, 2004). Ainda, possui alta capacidade de absorver água, podendo agir como um bom espessante e contribuir com a qualidade de conservação dos alimentos por tender a uma retrogradação lenta, apesar da quantidade de água que pode ser absorvida pelo grão (ALAUNYTE *et al.*, 2012).

Nos últimos anos, o teff vem ganhando popularidade em todo o mundo por conta de suas propriedades nutricionais atraentes, e como não contém glúten, tem grande potencial para ser formulado em uma variedade de alimentos e bebidas para celíacos. Por causa dos efeitos benéficos para a saúde e por conter nutrientes atraentes, muitos estudos têm sido feitos para produzir alimentos e bebidas à base de teff nos últimos anos (ZHU, 2018).

3.6 Yacon

O yacon ou a batata yacon (*Smallanthus sonchifolius*) é uma raiz tuberosa proveniente da região Andina. Considerado um alimento funcional, possui compostos bioativos benéficos à saúde e se destaca por armazenar carboidratos na

forma de frutanos do tipo inulina e fruto-oligossacarídeos (GUSSO; MATTANNA; RICHARDS, 2015). Estes compostos são qualificados como fibras alimentares solúveis e componentes prebióticos, por conta de sua baixa digestibilidade pelas enzimas do sistema gastrointestinal humano e pelo estímulo do crescimento e atividade de bactérias promotoras da saúde (GIBSON; ROBERFROID, 1995). Composto de carboidratos, proteínas, fibras alimentares e lipídeos, também são encontrados muitos tipos de minerais, como potássio, cálcio, fósforo, magnésio, sódio ferro, zinco, manganês e cobre em sua composição, além de algumas vitaminas (SEMINARIO; VALDERRA; MANRIQUE, 2003).

Assim como a raiz, sua farinha possui baixo valor calórico, é benéfica a saúde e não contém glúten, o que a torna atraente para estudos e pesquisas de elaboração de produtos de panificação para indivíduos portadores da DC, uma vez que apresenta bom valor nutritivo e funcional e seu sabor adocicado também favorece sensorialmente a elaboração deste tipo de produtos (MOSCATTO; FERREIRA; HAULY, 2004; GUSSO; MATTANNA; RICHARDS, 2015).

3.7 Análise sensorial

Entende-se por análise sensorial uma "(...) disciplina da Ciência usada para evocar, medir, analisar e interpretar as reações às características dos alimentos e materiais tal como são percebidas pelos sentidos da visão, olfato, paladar, tato e audição" (IFT, 1981).

Classifica-se em métodos analíticos discriminatórios e descritivos, métodos afetivos e métodos de análise sequencial para seleção de provadores, e por meio da interpretação dos dados obtidos pelas respostas dos provadores frente ao produto analisado, permite determinar a aceitabilidade e rejeição de características no desenvolvimento de novos produtos, contribui em testes de vida de prateleira, no controle de qualidade da matéria-prima e/ou do produto final, em testes de mercado/consumidor e no treinamento de provadores (ESTEVES, 2014).

3.7.1 Teste de aceitação

Testes de aceitação são uma classe de testes quantitativos, sendo que estes avaliam a resposta de consumidores a um conjunto de perguntas, no intuito de

determinar a aceitabilidade de um produto e identificar fatores sensoriais determinantes. A escala hedônica de nove pontos é amplamente utilizada em testes de aceitação com adultos. Sua escala de avaliação varia desde o “desgostei muitíssimo” (1) até o “gostei muitíssimo” (9) (DUTCOSKY, 2013)

3.7.2 Perfil Flash

O Perfil Flash é um tipo de método descritivo derivado do perfil livre combinado com a técnica de ordenação, baseado no princípio de que as pessoas percebem as mesmas características e as expressam de maneiras diferentes. Sem a necessidade de uma equipe treinada, este método avalia as amostras globalmente a partir da ordenação crescente da intensidade de seus atributos. Os provadores são orientados a levantar atributos referentes à aparência, cor, sabor, aroma e textura pertinentes ao produto da forma e quantidade que desejam e, posteriormente, ordenar as amostras em cada atributo escolhido, comparando-as entre si (DAIROU; SIEFFERMANN, 2002; DE OLIVEIRA; BENASSI, 2010; WILLIAMS; LANGRON, 1984).

Como os atributos avaliados pelos provadores não são supostamente os mesmos, não há maneira de visualizar dados por meio da pontuação média ou equivalente. Em vez disso, as técnicas de análise de dados multivariadas são utilizadas (ALCANTARA; FREITAS-SÁ, 2018). Um dos tipos eficientes dessas análises é a de dimensões comuns, a qual permite a atribuição de pesos diferentes aos provadores em cada dimensão, permitindo uma análise diferenciada da importância dos provadores (QANNARI; WAKELING; MACFIE, 1995). O objetivo do método ComDim (*Common Dimensions*) é identificar, dentro de um conjunto de matrizes sobre as mesmas amostras (linhas das matrizes) porém com diferentes variáveis (colunas das matrizes), um espaço comum de representação, para todas as matrizes, com diferentes contribuições (pesos, ou saliências) de cada bloco. Com isso não é apenas possível indicar as dimensões comuns mais expressivas na variabilidade dos dados, como também é possível associar esta dimensão à alguma das variáveis presentes nos blocos (TORMENA, 2016; NESPECA, 2021).

3.7.3 *Check-All-That-Apply* (CATA)

A metodologia *Check-All-That-Apply* (CATA) permite aos provadores escolher todos os atributos que acharem possíveis para descrever o produto, a partir de uma lista apresentada. Por isso, essas respostas podem ser utilizadas como dados suplementares nas pesquisas de aceitação de produtos, uma vez que estão diretamente ligadas à percepção das características do produto pelos provadores (ALCANTARA; FREITAS-SÁ, 2018).

De acordo com Ares e Jaeger (2013), a ordem em que os termos são incluídos em um questionário CATA influencia a resposta do consumidor, onde, segundo estes, os atributos localizados no topo da lista tendem a ser mais utilizados, sugerindo, então, que a ordem de apresentação dos atributos seja aleatorizada nas fichas a serem preenchidas. Além dos atributos disponíveis aos provadores, cada um deles pode também adicionar termos que considerarem presentes nas amostras e que não estejam na lista.

3.7.4 *Just About Right* (JAR)

As escalas *Just About Right* (JAR) identificam a intensidade ideal dos atributos sensoriais (POPPER; KROLL, 2005). Usando uma escala bipolar de 5 pontos, os consumidores são solicitados a indicar se a intensidade de um atributo sensorial é muito forte, muito fraca ou inexistente (POPPER, 2014). Para fornecer informações direcionais para melhorar o desempenho do produto, as escalas JAR e hedônica analisam as respostas em conjunto para identificar os atributos sensoriais com maior efeito prejudicial ao gosto do consumidor e orientar a reformulação do produto (LESNIAUSKAS; CARR, 2004).

Segundo Moskowitz (2001), as escalas JAR podem ser desafiadoras para consumidores porque eles precisam avaliar a intensidade percebida do atributo sensorial, a intensidade ideal do atributo e a diferença entre essas intensidades percebidas e ideais simultaneamente. Além disso, as escalas JAR fazem com que os consumidores concentrem sua atenção em atributos sensoriais específicos, o que pode aumentar a conscientização de como o produto fica aquém do ideal e, finalmente, muda sua percepção hedônica da amostra (EPLER; CHAMBERS; KEMP, 2018; POPPER E KROLL, 2005; POPPER *et al.*, 2004).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material

Os pães foram preparados com as farinhas de sorgo (Farovitta), de teff (Giroil) e de yacon (Terra Verde) adquiridas diretamente com os fornecedores das marcas. Os demais ingredientes utilizados foram obtidos nos supermercados locais da cidade de Campo Mourão – PR, exceto a enzima transglutaminase, que foi doada pela empresa Ajinomoto.

4.2 Elaboração dos pães

Foi desenvolvida uma formulação padrão de pão sem glúten composta apenas por farinha de arroz (Tabela 1). Essa formulação padrão foi usada como base para a proposição do delineamento experimental.

Tabela 1 - Formulação base dos pães para o delineamento experimental

Ingredientes	Quantidades
Leite (mL)	100,00
Farinha de arroz (g)	100,00
Polvilho doce (g)	70,00
Ovo (g)	50,00
Fécula de batata (g)	46,00
Óleo (mL)	20,00
Açúcar (g)	5,00
Sal (g)	4,00
Fermento biológico (g)	3,00
Goma xantana (g)	2,00
Transglutaminase (g)	0,17

Fonte: Autoria própria (2019)

A quantidade de transglutaminase foi determinada com base na quantidade de proteína da formulação base, na proporção de 1:100 (grama de transglutaminase por gramas de proteína). Os ingredientes secos (com exceção do fermento, açúcar e transglutaminase) foram misturados em uma batedeira (Planetária Arno, 14500 rpm), por aproximadamente 3 minutos. Misturou-se posteriormente o óleo e ovo por cerca de 3 minutos. Em seguida, foi adicionado leite a uma temperatura de 42°C com o

açúcar, o fermento e a enzima transglutaminase e misturados manualmente até a completa homogeneização da massa. A massa foi transferida para formas de alumínio retangulares forradas com papel manteiga e levadas a estufa pré-aquecida a 37°C durante 1 hora e 30 minutos e depois assadas no forno à 170°C, por 22 minutos.

Adotou-se um delineamento fatorial completo Simplex Lattice com três pontos internos e centroide global composto por três variáveis independentes, totalizando 9 experimentos mantém um valor fixo de 25% (25 gramas) da quantidade da formulação padrão de farinha de arroz e variam as quantidades das farinhas sorgo, teff e yacon em relação à quantidade de farinha restante na formulação (75 gramas). A Tabela 2 o delineamento experimental das formulações com as quantidades das farinhas em cada uma.

Tabela 2 - Delineamento experimental para o teste de aceitação

Formulação	Farinha de sorgo	Farinha de teff	Farinha de yacon
F1	100%	0	0
F2	0	100%	0
F3	0	0	100%
F4	50%	50%	0
F5	0	50%	50%
F6	50%	0	50%
F7	33,33%	33,33%	33,33%
F8	33,33%	33,33%	33,33%
F9	33,33%	33,33%	33,33%

Fonte: Autoria própria (2019)

4.3 Análise microbiológica

Antes de serem submetidos à análise sensorial, foram realizadas pesquisas de coliformes a 45°C/g e de Salmonella sp em 25 gramas de produto nos pães seguindo a metodologia da Instrução Normativa n° 62 (2003), de 26 de agosto de 2003, conforme padrões da RDC n° 12, de 2 de janeiro de 2001, garantindo a inocuidade do produto e a saúde do provador.

4.4 Análise sensorial

4.4.1 Teste de aceitação

Os pães foram avaliados por 76 provadores maiores de 18 anos, não treinados, em cabines individuais do laboratório de análise sensorial da UTFPR - campus Campo Mourão, por meio de teste de aceitação utilizando escala hedônica de 9 pontos, onde 9 corresponde à “gostei muitíssimo” e 1 corresponde à “desgostei muitíssimo” para avaliar os atributos cor, odor, sabor, textura e impressão global (IAL, 2008). Esse trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética da UTFPR sob o parecer CAAE: 88116618.2.0000.5547, e a Figura 1 apresenta o modelo de ficha utilizado para avaliar os pães.

Figura 1 - Ficha do teste de aceitação

Nome: _____ Data: ____ / ____ / ____													
Idade: ____ N° da amostra: _____													
Você está recebendo uma amostra codificada de pão isento de glúten. Antes de provar cada amostra, lembre-se de tomar água. Avalie sua amostra utilizando a escala abaixo para descrever o quanto você gostou ou desgostou do produto em relação a cada atributo.													
(9) Gostei muitíssimo	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Atributo</th> <th>Nota</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cor</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Odor</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Sabor</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Textura</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Impressão global</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Atributo	Nota	Cor		Odor		Sabor		Textura		Impressão global	
Atributo		Nota											
Cor													
Odor													
Sabor													
Textura													
Impressão global													
(8) Gostei muito													
(7) Gostei moderadamente													
(6) Gostei ligeiramente													
(5) Não gostei/nem desgostei													
(4) Desgostei ligeiramente													
(3) Desgostei moderadamente													
(2) Desgostei muito													
(1) Desgostei muitíssimo													

Fonte: Autoria própria (2019)

A análise ocorreu em três sessões, uma a cada semana, onde as amostras (F1 – F9) foram servidas em fatias de aproximadamente 30 gramas, em ordem monódica e sequencial, de forma aleatória e balanceada, de forma que todos os provadores avaliaram as nove formulações, sendo três por sessão, em pratos descartáveis brancos identificados com códigos de três dígitos aleatórios. Os provadores foram orientados a ingerir água mineral em temperatura ambiente antes de provar cada amostra de pão.

Os resultados do teste de aceitação foram avaliados por análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey ($p < 0,05$), por meio da qual foi selecionada a formulação

otimizada de acordo com o atributo “aceitação global”. As análises seguintes foram feitas com as formulações que utilizam isoladamente cada uma das farinhas de sorgo, teff e yacon (F1, F2 e F3) e a formulação otimizada, denominada nas análises posteriores como F4.

4.4.2 Perfil Flash

As quatro formulações de pão foram submetidas à avaliação de Perfil Flash por 33 provadores (P1 – P33) não treinados, em duas sessões individuais. As formulações descritas por esse método são aquelas compostas por 100% farinha de sorgo, teff e yacon e uma formulação obtida por processo de otimização, que tenha a maior aceitação global possível.

Também servidas em pratos brancos descartáveis com três dígitos aleatórios de identificação, na primeira sessão os provadores receberam dois pares de amostras diferentes de pães e foram orientados a levantar os atributos relacionados à aparência, cor, sabor, aroma e textura de cada amostra, evitando termos hedônicos como “bom, ruim, gostoso, etc”, seguindo metodologia proposta por Kelly (1955). Após o levantamento dos atributos, cada um dos provadores participou de uma discussão individual com o pesquisador de modo a definir adequadamente os atributos encontrados e redigir suas definições, construindo a ficha de análise sensorial individual.

Na segunda sessão, os provadores receberam as quatro amostras de pães em ordem aleatorizada e balanceada e foram orientados a colocá-las, em cada atributo pré-definido, em ordem crescente de intensidade, utilizando a ficha apresentada na Figura 2.

Figura 2 - Ficha do teste de Perfil Flash

PERFIL FLASH – LEVANTAMENTO E ORDENAÇÃO DE ATRIBUTOS

PROVADOR: _____

Idade: _____

ATRIBUTO	DEFINIÇÃO	ORDENAÇÃO (CRESCENTE)			
		MENOS intenso			MAIS intenso

Fonte: Autoria própria (2019)

Os resultados da ordenação realizada por cada provador foram plotados em uma matriz (atributos nas colunas e formulações nas linhas). A análise de dados foi realizada no software MATLAB R2018b pela técnica denominada ComDim, de acordo com o algoritmo proposto por Qannari, Corcoux e Vigneau (2001) e descrito em detalhes por Jouan-Rimbaud *et al.* (2011).

4.4.3 Check-All-That-Applly (CATA)

Este teste contou com a participação de 60 provadores não treinados, que julgaram, em sessão única, 32 atributos das quatro formulações (F1 – F4). Os atributos escolhidos foram levantados pelos provadores nas fichas da análise de Perfil Flash e adicionados alguns com termos hedônicos. A lista foi apresentada aos provadores para que assinalassem os atributos que julgassem em concordância com as amostras de pães apresentadas, conforme ficha apresentada na Figura 3.

Figura 3 - Ficha CATA

Nome: _____ Idade: _____ Data: ____/____/____ Amostra: _____		
Escala <i>Check All That Apply</i> Você está recebendo uma amostra de pão sem glúten. Assinale os atributos a seguir que se aplicam a esta amostra de pão:		
<input type="checkbox"/> Cor marrom	<input type="checkbox"/> Aroma desagradável	<input type="checkbox"/> Facilidade de mastigar
<input type="checkbox"/> Cor esverdeada	<input type="checkbox"/> Odor de fermento	<input type="checkbox"/> Umidade
<input type="checkbox"/> Cor avermelhada	<input type="checkbox"/> Odor de "pão de forma"	<input type="checkbox"/> Grudento
<input type="checkbox"/> Cor rosada	<input type="checkbox"/> Odor doce	<input type="checkbox"/> Maciez
<input type="checkbox"/> Sabor salgado	<input type="checkbox"/> Odor de cereais	<input type="checkbox"/> Arenosidade
<input type="checkbox"/> Odor azedo	<input type="checkbox"/> Odor de pão integral	<input type="checkbox"/> Bolhas
<input type="checkbox"/> Odor de farinha	<input type="checkbox"/> Sabor de pão integral	<input type="checkbox"/> Consistência desagradável
<input type="checkbox"/> Sabor azedo	<input type="checkbox"/> Sabor de farinha	<input type="checkbox"/> Consistência agradável
<input type="checkbox"/> Sabor agradável	<input type="checkbox"/> Amargor	<input type="checkbox"/> Massa crua
<input type="checkbox"/> Sabor desagradável	<input type="checkbox"/> Emborrachado	<input type="checkbox"/> Dureza da casca
<input type="checkbox"/> Aroma agradável	<input type="checkbox"/> Elasticidade	<input type="checkbox"/> Outro: _____

Fonte: Autoria própria (2019)

A posição dos termos no questionário foi aleatorizada e balanceada entre os provadores, para evitar erros de uso da escala, seguindo metodologia adaptada descrita em Ares *et al.* (2015).

4.4.4 *Just About Right* (JAR)

As mesmas formulações avaliadas por Perfil Flash e CATA (F1 – F4) foram submetidas à análise utilizando a escala do ideal (JAR). A escala de 5 pontos varia de 5 (“muito mais que o ideal”) a 1 (“muito menos que o ideal”), pela qual os 60 provadores não treinados classificaram 11 atributos pré-definidos levantados de acordo com os mais frequentes nas fichas do Perfil Flash, avaliando o quão ideal aquele atributo está em relação ao esperado. A ficha disponibilizada para este teste está exemplificada na Figura 4.

Figura 4 - Ficha JAR

Nome: _____ Idade: _____ Amostra: _____				
Escala de idealidade - <i>Just About Right</i> Você está recebendo uma amostra de pão sem glúten. Por favor, indique sua opinião sobre as seguintes características desta amostra de pão:				
Atributo 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Muito menos		Ideal		Muito mais
Atributo 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Muito menos		Ideal		Muito mais
Atributo 3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Muito menos		Ideal		Muito mais
Atributo 4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Muito menos		Ideal		Muito mais
Atributo 5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Muito menos		Ideal		Muito mais
Atributo 6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Muito menos		Ideal		Muito mais

Fonte: Autoria própria (2019)

Desta forma, os dados obtidos foram gerados segundo a metodologia JAR que objetivou identificar a intensidade ideal dos 11 atributos sensoriais avaliados para as formulações de pão desenvolvidas com farinhas de sorgo (F1), teff (F2), yacon (F3) e a mistura otimizada (F4) (POPPER, KROLL, 2005). Usando uma escala de 5 pontos, os provadores foram solicitados a indicar se a intensidade de um atributo sensorial era muito menos que o ideal (1), menos que o ideal (2), ideal (3), mais que o ideal (4) e muito mais que o ideal (5) (POPPER, 2014).

Os dados do CATA e JAR de cada avaliador foram plotados em uma matriz (frequências nas colunas e atributos nas linhas). As análises de dados foram realizadas no software Statística 12.0 usando Análise de Correspondência (CA) e Análise de Cluster (AA) para ambos os testes (HOARE; BOCK, 2019; KHANGAR; KAMALJA, 2017). Para a Análise de Cluster, a medida de similaridade empregada foi a Distância Euclidiana e o método hierárquico utilizado para a formação do cluster foi o Método de Ward (BANDA; KUMARASAMY, 2020).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análise microbiológica

Nas análises microbiológicas dos pães, não houve crescimento de coliformes a 45°C e os resultados indicaram ausência de *Salmonella* sp., apresentando, então, valores dentro dos limites estabelecidos pela Resolução RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001. Isto implica que os pães desenvolvidos estavam adequados para o consumo humano e que foram elaborados com condições satisfatórias de segurança microbiológica.

Sendo assim, cada etapa das análises sensoriais ocorreu após os resultados favoráveis das análises microbiológicas.

5.2 Análise sensorial

5.2.1 Teste de aceitação

O teste de aceitação das nove formulações de pão contou com a participação de 76 provadores não treinados que avaliaram as amostras quanto ao atributo impressão global, entre outros, porém este atributo foi escolhido para ser ponderado à fim de se reduzir a quantidade de formulações para os testes sensoriais posteriores. As médias foram analisadas por análise de variância e teste de Tukey ($p < 0,05$) e os resultados encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3 - Médias e desvios padrões da aceitação global das formulações

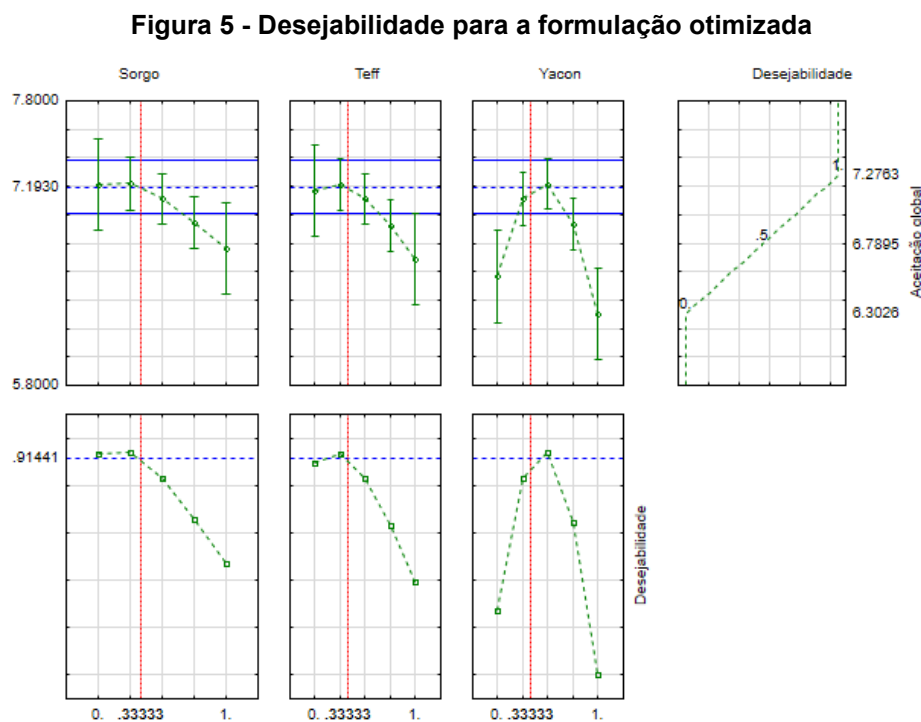
Formulação	Impressão global
F1	6,76 ^{ab} ±0,17
F2	6,68 ^{ab} ±0,16
F3	6,30 ^b ±0,23
F4	6,57 ^{ab} ±0,15
F5	7,18 ^a ±0,17
F6	7,21 ^a ±0,17
F7	7,13 ^a ±0,17
F8	7,28 ^a ±0,16
F9	7,17 ^a ±0,15

*Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si ($p < 0,05$).

Fonte: Autoria própria (2019)

Nestes resultados, é possível verificar que a menor avaliação ficou para a formulação F3, com 100% de yacon e a maior avaliação ficou para a formulação F8, composta por 33,33% de farinha de sorgo, 33,33% de farinha de teff e 33,33% de farinha de yacon. Além disso, as formulações F1, F2 e F4 não apresentaram diferença significativa entre si, enquanto as formulações F5, F6, F7, F8 e F9 também não apresentaram entre si. Comparando estes dois grupos observa-se que o primeiro obteve médias mais baixas em relação ao segundo e que dentre as composições das formulações, o que diferencia os dois é a ausência de farinha de yacon em todas as formulações do primeiro, e a presença nas do segundo. Efeitos similares foram observados por Rolim (2008), onde as médias de aceitação de pães elaborados com farinha de yacon foram menores do que o elaborado sem a farinha, ainda que todas as médias tenham sido maiores que 6 (gostei ligeiramente), e por Andrade (2018), no qual a formulação de pão com maior quantidade de farinha de yacon foi uma das menos preferidas pelos provadores.

Diante destes resultados e uma vez que todas as médias apresentaram valores próximos e favoráveis (maiores que 6), optou-se por testar a função desejabilidade no intuito de obter uma formulação com a maior aceitação sensorial possível. A Figura 5 apresenta os resultados desta função.

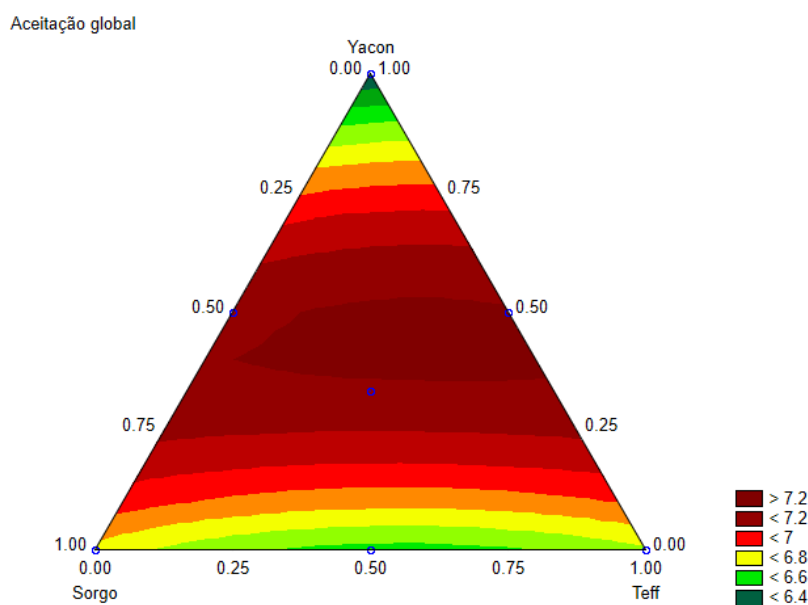


Fonte: Autoria própria (2019)

Por meio desta função foi possível verificar que, na intenção de obter a maior aceitação global (1,0), e com 91,44% de proximidade da análise sensorial que atribuiu a melhor nota, a formulação otimizada é composta por 33,33% de farinha de sorgo, 33,33% de farinha de teff e 33,33% de farinha de yacon, corroborando o resultado já determinado pela análise sensorial.

A relação de proporção entre as farinhas pode visualizada na Figura 6, onde se tem uma superfície de resposta para a composição do pão.

Figura 6 - Superfície de resposta para a formulação otimizada



Na Figura 6 é possível verificar que a maior aceitação global é obtida quando se realiza a mistura das farinhas das três farinhas (centro da figura). Verifica-se também que o uso isolado de cada uma das farinhas resulta em produtos com pior aceitação, principalmente quando se trata do uso isolado de farinha de yacon, provavelmente por conta dos atributos cor verde e amargor, geralmente não relacionados a pães e que foram levantados pelos provadores para a F3 (yacon) e que podem ser visualizados na Figura 7.

Como a formulação otimizada coincidiu com a formulação que contém as mesmas quantidades das três farinhas, para as análises seguintes optou-se por, além dela, utilizar as formulações F1, F2 e F3, para uma melhor caracterização e comparação dos resultados em relação a cada uma das farinhas, além da

formulação otimizada ter se tornado a nova F4 nas análises de Perfil Flash, CATA, JAR. A Figura 7 apresenta as amostras das quatro formulações escolhidas.

Figura 7 - Amostras das formulações F1, F2, F3 e F4, respectivamente

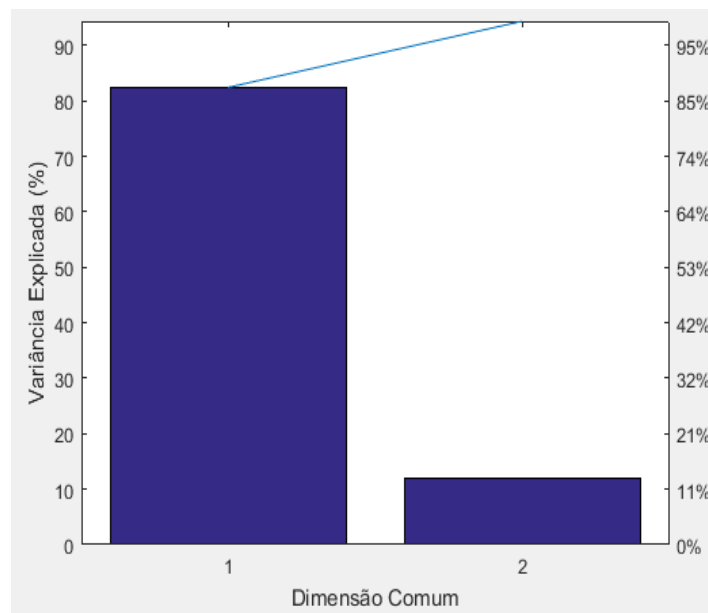


Fonte: Autoria própria (2019)

5.2.2 Perfil Flash

Os dados obtidos pela análise de Perfil Flash foram analisados pelo método ComDim, no *software* MATLAB, obtendo-se uma distribuição de consenso dos 33 provadores não treinados, na qual duas dimensões comuns (DC1 e DC2, Figura 8) foram suficientes para explicar 94,36% da variância dos dados.

Figura 8 - Gráfico de Pareto com a variância em cada dimensão comum

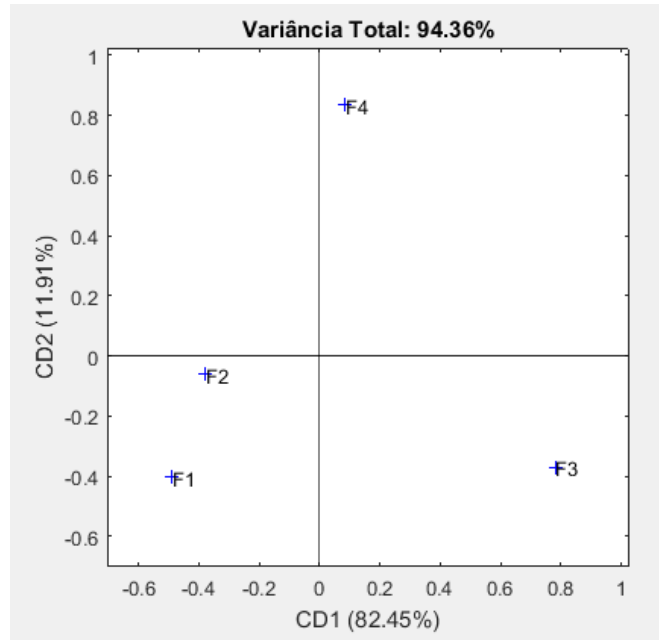


Fonte: Autoria própria (2020)

A Figura 9 apresenta o Gráfico de *score* no espaço comum para dimensões 1 e 2, gerado pela avaliação do Perfil Flash pelo método ComDim. Essa figura

demonstra a segmentação das formulações diferenciadas pelos provadores em cada quadrante das duas dimensões comuns.

Figura 9 - Gráfico de score no espaço comum para dimensões 1 e 2.



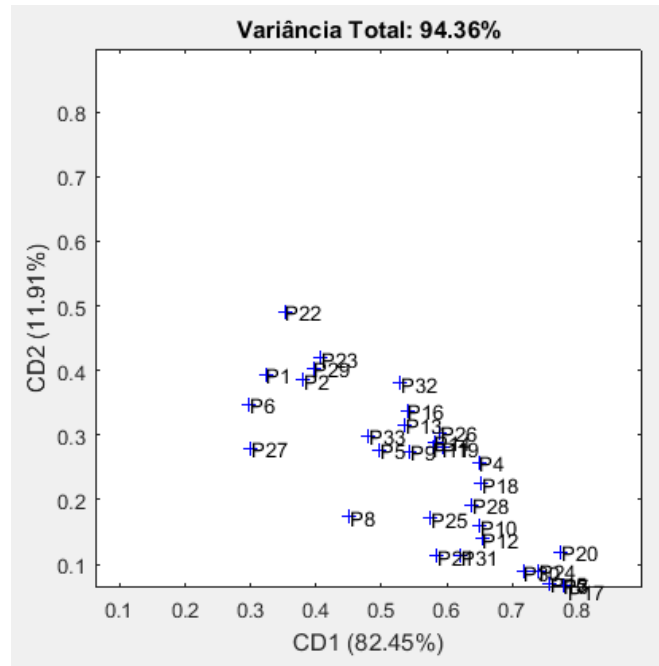
Fonte: Autoria própria (2020)

Em relação a DC1, dimensão com maior explicação para variação dos dados (82,45%), verifica-se que F1 (sorgo) e F2 (teff) estão próximas, sendo consideradas similares entre si e bem diferentes de F3 (yacon). Já F4 encontra-se próxima à origem de DC1 e localizada entre as demais formulações, condição decorrente de sua composição (mistura das três farinhas).

Cada um dos provadores tem um peso referente a cada dimensão comum, evidenciado pelo discernimento entre cada uma das amostras no Gráfico de Saliências. Assim, é possível saber qual a importância de cada avaliador para a formação de cada dimensão comum, conforme mostra a Figura 10. O avaliador J17 é o mais importante para a construção da DC1, ainda que os provadores J3, J7, J15, J20, J24 e J30 sejam praticamente tão importantes quanto, por estarem muito próximos na figura. Em relação a DC2, o avaliador J22 é o que apresentou maior saliência e, portanto, maior importância na construção desta dimensão. O avaliador P27 foi o que apresentou menor saliência simultaneamente nas duas dimensões, podendo ser considerados o menos importante em termos de discernimento das amostras. Nenhum avaliador apresentou saliência muito próxima de zero nas duas

dimensões ao mesmo tempo, portanto, admite-se que todos conseguiram discriminar as amostras, ainda que alguns mais do que outros (QANNARI; WAKELING; MACFIE, 1995).

Figura 10 - Gráfico de Saliências



Fonte: Autoria própria (2020)

Os atributos citados pelos provadores, tanto nas relações positivas quanto nas negativas das dimensões comuns encontradas, podem ser relacionados na descrição sensorial das amostras, embora apenas os atributos estatisticamente relevantes sejam considerados. Essas características sensoriais relevantes estão dispostas na Tabela 4 e podem ser associadas a cada uma das farinhas utilizadas, bem como a mistura delas. Neste caso, apenas os atributos correlacionados na DC1 foram considerados, uma vez que nenhum dos atributos da DC2 atingiu o nível de confiança de 95%.

Tabela 4 - Correlações significativas ($p < 0,05$) entre a DC1 e os atributos

Relações com a DC1	
Negativas	Positivas
Cor marrom (7)	Cor verde (14)
Cor vermelha (5)	Doçura (4)
Sabor salgado (2)	Umidade (3)
Cor rosa (2)	Odor de espinafre (1)
Elasticidade (2)	Sabor azedo (1)
Sabor de pão (1)	Casca (1)
Sabor de farinha (1)	Massa crua (1)
Sabor azedo (1)	Odor de pão (1)
Presença de oleaduras (1)	Maciez (1)
Palatável (1)	
Aerado(1)	
Maciez (1)	
Umidade (1)	

Fonte: Autoria própria (2020)

Observa-se que as formulações que se encontram no quadrante negativo da DC1 (F1- sorgo e F2- teff) são caracterizadas pelos atributos cor marrom, cor vermelha, sabor salgado, cor rosa e elasticidade. Enquanto as formulações que se encontram no quadrante positivo da DC1 (F3- yacon e F4- mistura de farinhas) são caracterizadas pelos atributos cor verde, doçura e umidade, características típicas de produtos contendo farinha de yacon. Aliás, nota-se que a existência de farinha de yacon na formulação foi um fator determinante para a separação dos pães, já que F1 e F2 (sem yacon) estão no quadrante negativo da DC1 e F3 e F4 (com yacon) encontram-se no quadrante positivo da DC1.

5.2.3 Check-All-That-Apply (CATA)

Nesta análise sensorial realizada com 60 provadores não treinados, aplicou-se a metodologia CATA, onde cada um dos provadores identificou a presença ou não (1 ou 0) de 32 atributos nas quatro amostras de pão (F1 – F4). A Tabela 5 apresenta a frequência das respostas dos provadores.

Tabela 5 - Descrição de frequência da avaliação dos atributos (CATA)

Identificação dos atributos	Frequência da avaliação observada para as amostras de pão			
	F1	F2	F3	F4
Bolhas	46	36	29	40
Cor avermelhada	27	6	1	3
Odor de pão de forma	21	19	14	18
Odor doce	9	8	27	16
Consistência agradável	27	29	29	30
Odor de pão integral	29	22	27	37
Sabor de pão integral	24	22	7	23
Sabor de farinha	17	24	8	13
Maciez	24	27	37	34
Emborrachado	17	13	19	12
Elasticidade	14	17	18	19
Dureza da casca	49	34	8	27
Cor esverdeada	0	0	49	1
Odor de fermento	20	17	12	15
Cor rosada	18	3	0	0
Sabor salgado	23	29	10	19
Arenosidade	25	28	5	14
Odor de farinha	25	23	12	19
Sabor azedo	4	4	16	5
Sabor agradável	34	26	17	36
Sabor desagradável	12	21	26	12
Aroma agradável	28	27	27	33
Facilidade de mastigar	27	33	43	41
Umidade	14	20	37	24
Grudento	7	4	17	6
Amargor	2	6	27	8
Odor azedo	8	4	5	5
Aroma desagradável	8	12	14	5
Consistência desagradável	15	6	5	5
Odor de cereais	7	11	10	9
Massa crua	0	1	3	2
Cor marrom	37	55	22	58

Fonte: Autoria própria (2020)

Os atributos mais citados para a formulação F1 foram dureza da casca (49), bolhas (46), cor marrom (37) e sabor agradável (34). Os atributos relacionados às cores vermelho e rosa nesta formulação estão diretamente relacionados a presença da farinha de sorgo, uma vez que o cereal possui pericarpo vermelho, o que confere aos produtos essa característica. A presença do atributo dureza da casca é consequência da gelatinização inadequada do amido durante o cozimento, resultando em pães com alta rigidez, como sugerido por Oliveira (2017). A presença

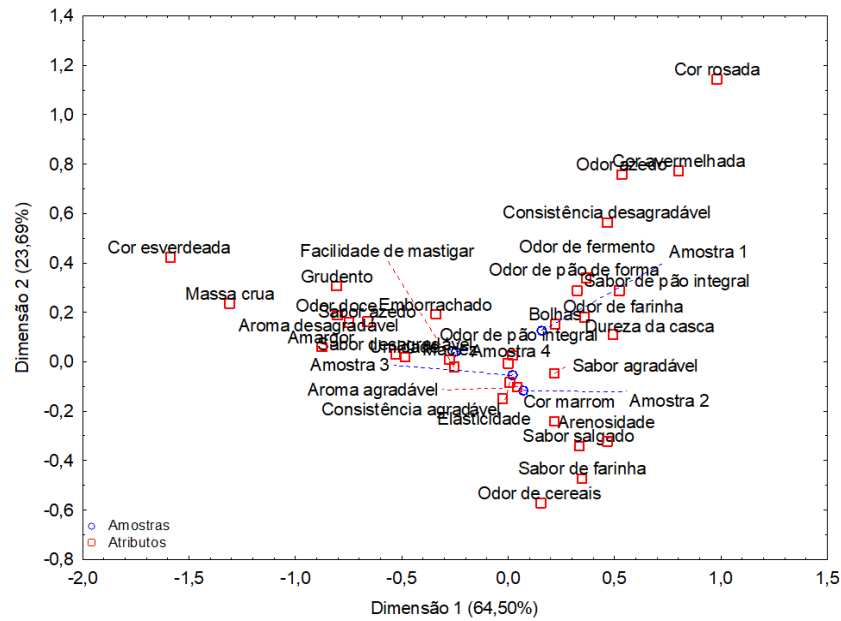
de bolhas, de acordo Onyango *et al.* (2010), é consequência da interação entre as farinhas sorgo e arroz, que melhoram as propriedades de gelatinização do amido, conferindo ao pão uma melhor estruturação e, conseqüentemente, melhor formação de alvéolos no miolo. Odor de fermento e sabor de pão de integral também estiveram presentes nos trabalhos de Aguiar (2017) e Aguiar *et al.* (2020).

Na formulação F2 foram cor marrom (55), bolhas (36), dureza da casca (34) e facilidade de mastigar (33) os atributos mais citados, já em F3 foram mais assinalados os atributos cor esverdeada (49), facilidade de mastigar (43), maciez (37) e umidade (37). Como o yacon é um tubérculo rico em frutooligosacarídeos, características sensoriais relacionadas a doçura ocorrem em produtos que o contenham, de acordo com Santana e Cardoso (2008). Já o atributo cor esverdeada se explica pelo yacon possuir pigmento carotenóides, o que o faz apresentar uma coloração que vai do amarelo intenso ao marrom (QUINTEROS, 2000). A maciez também é outra característica de produtos preparados com farinha de yacon e foi observada nos estudos de Silva (2007) e Padilha *et al.* 2010, que verificaram que quanto maior teor de yacon, maior a maciez dos produtos. A umidade e grudento são atributos relacionados ao teor de frutanos resultando numa elevada capacidade de retenção de água, condição relatada por Rolim 2008.

Os atributos cor marrom (58), facilidade de mastigar (41), bolhas (40), odor de pão integral (37), sabor agradável (36), maciez (34), aroma agradável (33) e consistência agradável (30) foram os mais incidentes para a formulação F4.

Com os dados obtidos da avaliação da frequência de citações dos atributos empregados na análise CATA para as quatro amostras de pão, realizou-se a Análise de Correspondência (AC) seguida pela Análise de Agrupamento (AA). A Figura 11 fornece o mapa de percentual bidimensional fornecido pela AC, onde representa o agrupamento de atributos em relação às formulações.

Figura 11 - Mapa percentual bidimensional fornecido pela AC (CATA)



Fonte: Autoria própria (2020)

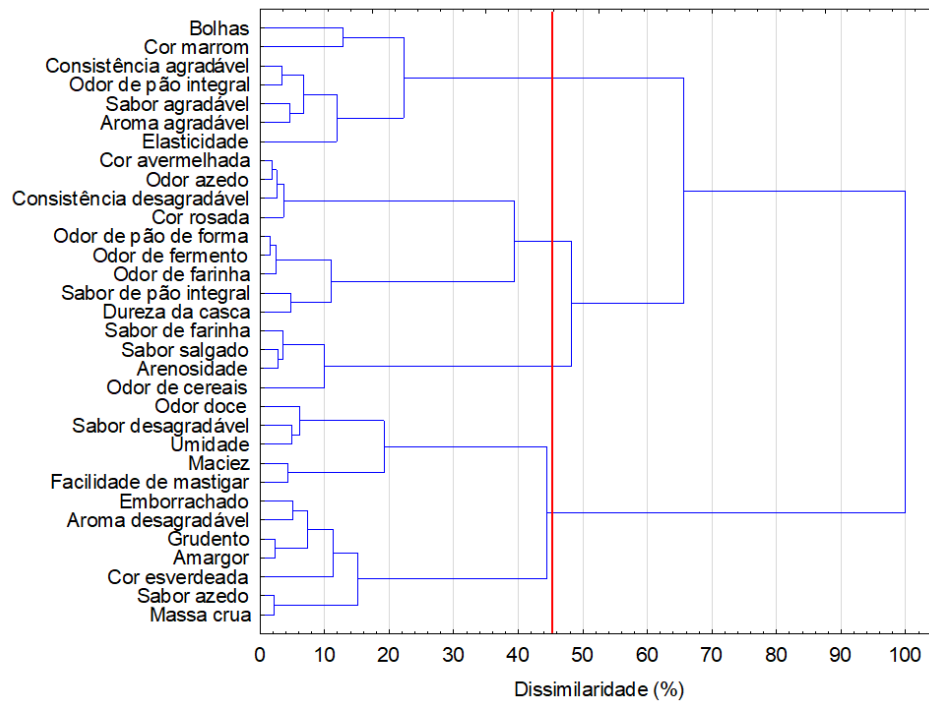
Ao se analisar o percentual de variação explicada (percentual cumulativo) com a interpretabilidade (autovalor), oriundos da Tabela 6, é possível verificar que a associação das variáveis com 100% de explicação aconteceria com 3 dimensões, o que não poderia acontecer porque na terceira dimensão o valor p do teste qui-quadrado foi menor do que o nível de significância de 10%, proposto inicialmente. Por conta desta consideração se trabalhou com as duas dimensões, capazes de explicar 88,1896% da variação entre as amostras, e se analisou a distância entre as variáveis com a Análise de Agrupamentos, apresentada pelo dendograma na Figura 12.

Tabela 6 - Coordenadas das colunas das variáveis

Dimensões	Valores singulares	Autovalores	Percentual de Inércia	Inércia Acumulada	Qui Quadrado
1	0,151568	0,022973	64,50331	64,5033	10,48022
2	0,091847	0,008436	23,68628	88,1896	3,84845
3	0,064856	0,004206	11,81041	100,0000	1,91891

Fonte: Autoria própria (2020)

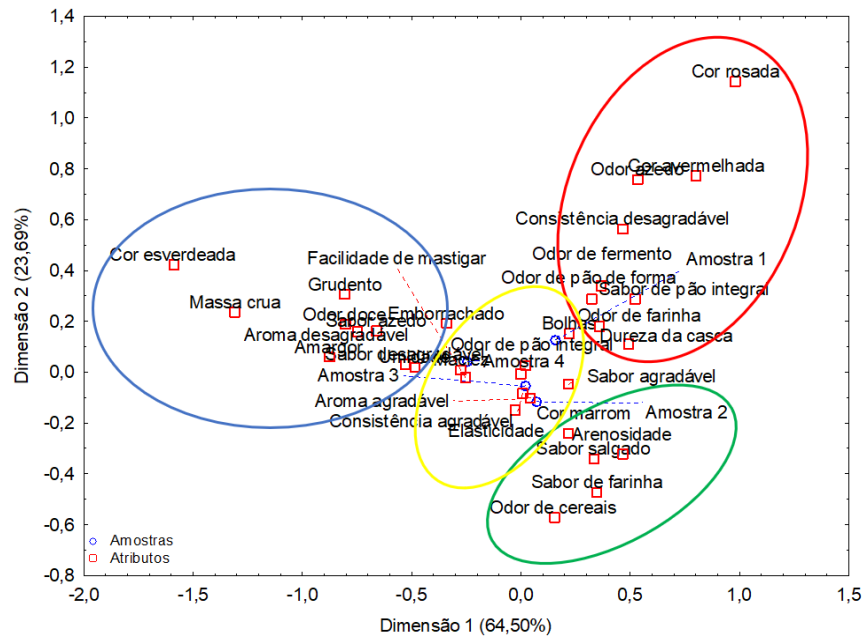
Figura 12 - Dendograma para agrupamentos dos atributos (CATA)



Fonte: Autoria própria (2020)

Utilizando a distância Euclidiana como nível de similaridade e o método de Ward como o método hierárquico, foi identificada a presença de quatro grupos, como dispostos na Figura 13. O grupo vermelho refere-se à formulação F1, o verde e o azul às formulações F2 e F3, respectivamente e o grupo amarelo refere-se à formulação F4.

Figura 13 - Mapa percentual bidimensional com agrupamento (CATA)



Fonte: Autoria própria (2020)

Pelos agrupamentos foi possível identificar que F1, caracterizada por 100% de sorgo, apresentou os atributos com bolhas, cor avermelhada, odor de pão de forma, sabor de pão integral, dureza da casca, odor de fermento, cor rosada, odor de farinha, odor azedo e consistência desagradável. A formulação F2, caracterizada com 100% de teff apresentou sabor de farinha, gosto salgado, arenosidade e odor de cereais. A formulação F3, composta por 100% de farinha de yacon foi classificada com os atributos de odor doce, maciez, emborrachado, cor esverdeada, sabor azedo, sabor desagradável, facilidade de mastigar, umidade, grudento, amargor, aroma desagradável e massa crua. A formulação F4, otimizada com a presença das três farinhas, teve uma consistência agradável, elasticidade, sabor agradável, aroma agradável e cor marrom.

Importante destacar que alguns provadores identificaram ainda os atributos de odor de pão caseiro para a formulação F1, aparenta ser feito de milho e cheiro de ovo para a formulação F2, sabor doce e odor de panetone para a formulação F3 e sabor doce, odor de baunilha e odor de panetone para a formulação F4.

5.2.4 *Just About Right* (JAR)

Também realizada com 60 provadores não treinados, nesta análise aplicou-se a metodologia JAR, onde os provadores identificaram a intensidade ideal dos 11 atributos sensoriais avaliados para as formulações (F1 – F4).

A Tabela 7 apresenta a classificação dos 11 atributos, segundo a frequência de avaliação na escala de 5 pontos para os provadores, correspondendo a muito menos que o ideal (1), menos que o ideal (2), ideal (3), mais que o ideal (4) e muito mais que o ideal (5).

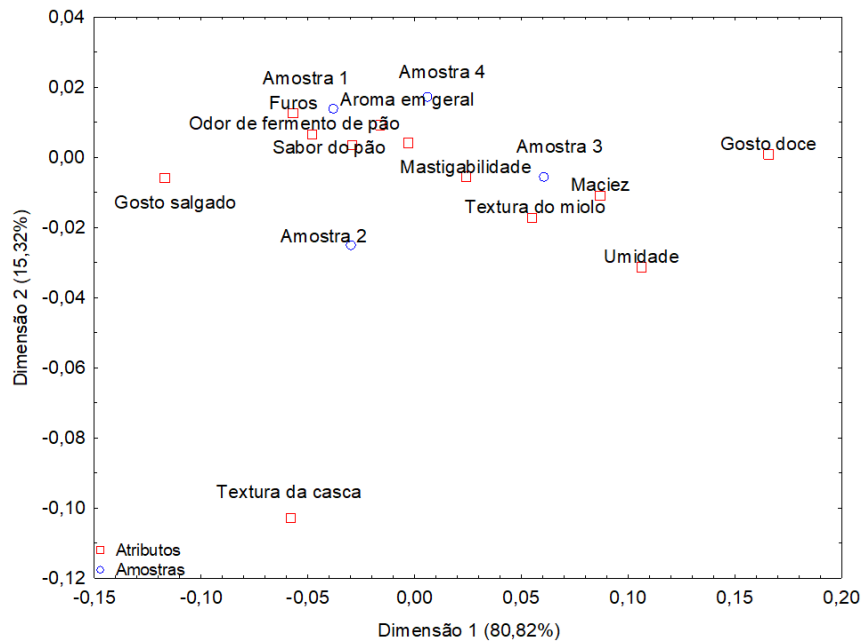
Tabela 7 - Descrição de frequência da avaliação dos atributos (JAR)

Identificação dos atributos	Frequência da avaliação observada para as amostras de pão																			
	F1					F2					F3					F4				
Notas	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Gosto Salgado	3	14	32	10	1	2	11	36	8	3	18	20	15	6	1	4	17	30	9	0
Gosto doce	19	16	22	3	0	11	22	26	1	0	5	10	15	20	10	10	12	26	8	4
Sabor de pão	4	30	21	5	0	8	25	23	3	1	13	25	14	6	2	9	26	21	4	0
Textura da casca	9	18	12	15	6	6	13	21	16	4	5	7	41	6	1	8	15	26	11	0
Textura do miolo	2	22	28	6	2	3	15	34	7	1	3	12	34	8	3	3	14	38	5	0
Aroma em geral	5	20	28	7	0	7	19	25	7	2	9	21	21	5	4	5	15	35	5	0
Umidade	8	27	21	3	1	4	20	27	8	1	1	4	37	12	6	7	11	32	9	1
Maciez	7	26	21	5	1	1	26	26	6	1	4	11	35	7	3	17	36	5	2	0
Mastigabilidade	8	22	22	8	0	3	16	35	5	1	4	12	38	3	3	1	15	36	6	2
Odor de fermento de pão	5	10	31	12	2	8	13	23	14	2	7	17	28	7	1	6	12	35	6	1
Furos	3	5	32	11	9	1	7	37	11	4	3	10	39	7	1	1	6	42	8	3

Fonte: Autoria própria (2020)

Como os dados obtidos da avaliação da frequência de citações dos atributos empregados na análise JAR para as quatro amostras de pão realizou-se a Análise de Correspondência (AC) seguida pela Análise de Agrupamento (AA). A Figura 14 fornece o mapa de percentual bidimensional fornecido pela AC.

Figura 14 - Mapa percentual bidimensional fornecido pela AC (JAR)



Fonte: Autoria própria (2020)

Ao se analisar o percentual de variação explicada (percentual cumulativo) com a interpretabilidade (autovalor), oriundos da Tabela 8, é possível verificar que a associação das variáveis com 100% de explicação aconteceria com 3 dimensões, o que não poderia acontecer porque na terceira dimensão o valor p do teste qui-quadrado foi menor do que o nível de significância de 10%, proposto inicialmente. Por conta desta consideração se trabalhou com as duas dimensões, capazes de explicar 96,1458% da variação entre as amostras, e se analisou a distância entre as variáveis com a Análise de Agrupamentos, apresentada pelo dendograma na Figura 15.

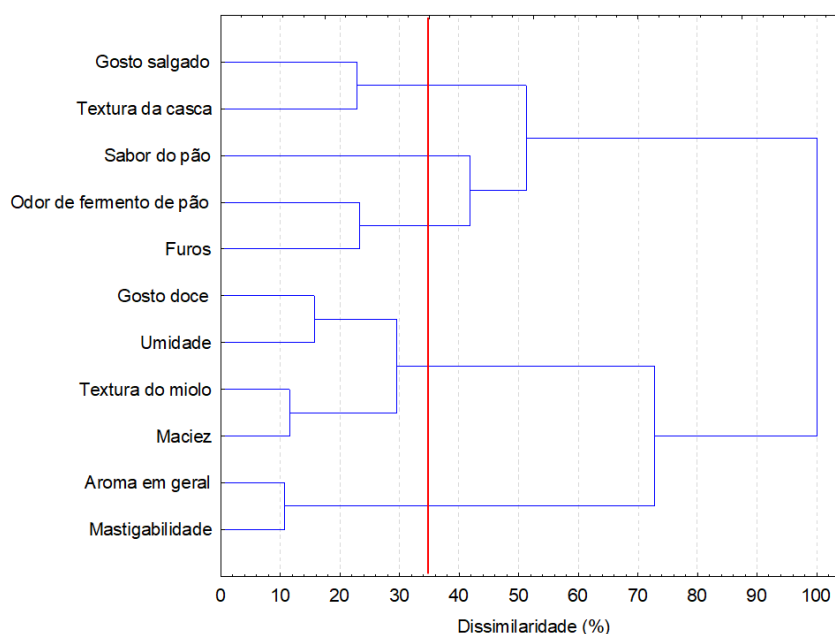
Tabela 8 - Coordenadas das colunas das variáveis

Dimensões	Valores singulares	Autovalores	Percentual de Inércia	Inércia Acumulada	Qui Quadrado
1	0,116199	0,013502	80,82182	80,82182	6,070368
2	0,058102	0,003376	15,32399	96,14581	1,517735
3	0,031303	0,000980	3,85419	100,00000	0,440548

Fonte: Autoria própria (2020)

Também vale ressaltar que a importância de cada dimensão é dada pelos correspondentes autovalores. Estes indicam o percentual de informação que é restituída a cada eixo gerador de uma dimensão, sendo que a soma dos autovalores elevados ao quadrado é igual à inércia total, ou seja, é igual à variabilidade total da tabela de dados.

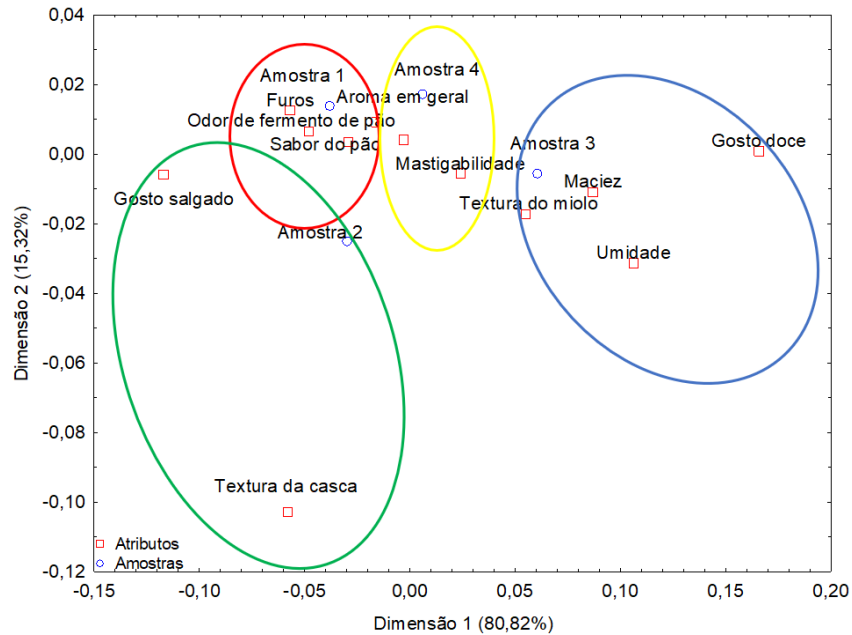
Figura 15 - Dendograma para agrupamentos dos atributos (JAR)



Fonte: Autoria própria (2020)

Utilizando a distância Euclidiana como nível de similaridade e o método de Ward como o método hierárquico, foi identificada a presença de quatro grupos, como dispostos na Figura 16. O grupo vermelho refere-se à formulação F1, o verde e o azul às formulações F2 e F3, respectivamente e o grupo amarelo refere-se à formulação F4.

Figura 16 - Mapa percentual bidimensional com agrupamento (JAR)



Fonte: Autoria própria (2020)

Pelos agrupamentos foi possível identificar que F1 (sorgo) apresentou os atributos odor de fermento de pão, furos, e sabor do pão. A formulação F2 (teff), apresentou gosto salgado e textura da casca. F3 (yacon) foi caracterizada pelos atributos maciez, textura do miolo, umidade e gosto doce. A formulação F4, otimizada com a presença das três farinhas, foi classificada por aroma agradável e mastigabilidade.

6 CONCLUSÃO

Pelos resultados obtidos nos testes de aceitação, Perfil Flash, CATA e JAR, foi possível obter o perfil sensorial descritivo de quatro formulações de pães isentos de glúten e observar que alguns atributos podem ter significados semelhantes, apesar de serem expressos pelos provadores com vocabulário diferente. Correlacionando os resultados, tem-se que a F1, composta apenas pela farinha de sorgo, apresentou atributos como cores marrom, vermelha e rosa, bolhas, maciez, dureza da casca, elasticidade, sabor salgado, agradável e de pão, furos e odor de fermento de pão, onde os três citados por último foram classificados como ideais para esta. A F2, composta por apenas farinha de teff, apresentou cor marrom, bolhas, dureza, facilidade de mastigar maciez, elasticidade, além dos considerados ideais, como gosto salgado e textura da casca. F3, composta apenas pela farinha de yacon, apresentou cor verde, amargor, doçura, facilidade de mastigar e os considerados ideais maciez, textura do miolo, umidade e gosto doce. A F4, otimizada com a mistura das três farinhas, apresentou cor verde, cor marrom, amargor, doçura, umidade, facilidade de mastigar, bolhas, odor de pão integral, maciez, maciez e sabor e consistência agradáveis. Os atributos ideais apresentados pela F4 foram aroma agradável e boa mastigabilidade.

Tais resultados indicam que pelas metodologias de análise sensorial utilizadas, foi possível descrever sensorialmente e viabilizar a utilização das farinhas de sorgo, teff e yacon na elaboração de pães, e que a mistura das três na formulação otimizada influencia positivamente nas características sensoriais do produto, o tornando interessante nutricionalmente e adequado para inclusão na dieta de pacientes celíacos.

REFERÊNCIAS

- ACELBRA. **Dados estatísticos**: quais produtos sem glúten você gostaria de encontrar com facilidade? 2004. Disponível em: <https://www.acebra.org.br/2004/estatisticas.php>. Acesso em: 01 out. 2021.
- AGUIAR, L.A. **Efeito de diferentes genótipos de sorgo sobre propriedades tecnológicas, sensoriais e textuométricas de pães de forma isentos de glúten**. 2017. Dissertação (Mestrado) - Pós-Graduação em Nutrição Humana, Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade de Brasília, Brasília, 2017.
- AGUIAR, L. A. de; RODRIGUES, D. B.; QUEIROZ, V. A. V.; MELO, L.; PINELI, L. de L. de O. Comparison of two rapid descriptive sensory techniques for profiling and screening of drivers of liking of sorghum breads. **Food Research International**, v. 131, 108999, jan. 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1120781/comparison-of-two-rapid-descriptive-sensory-techniques-for-profiling-and-screening-of-drivers-of-liking-of-sorghum-breads>. Acesso em: 15 out. 2021.
- ALAUNYTE, I.; STOJCESKA, V.; PLUNKETT, A.; AINSWORTH, P.; DERBYSHIRE, E. Improving the quality of nutrient-rich Teff (*Eragrostis tef*) breads by combination of enzymes in straight dough and sourdough breadmaking. **Journal of Cereal Science**, v. 55, p. 22-30, 2012.
- ALCANTARA, M. de; FREITAS-SÁ, D. de G. C. Metodologias sensoriais descritivas mais rápidas e versáteis – uma atualidade na ciência sensorial. **Brazilian Journal Of Food Technology**, v. 21, jan. 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjft/a/D9JsdtYYvNhWHPxfYWPLgBL/?lang=pt>. Acesso em: 15 out. 2021.
- ANVISA. **Guia sobre Programa de Controle de Alergênicos**. n. 5, versão 2, 2018. 23 p.
- ARAÚJO, H. M. C.; ARAÚJO, W. M. C.; BOTELHO, R. B. A.; ZANDONADI, R. P. Doença celíaca, hábitos e práticas alimentares e qualidade de vida. **Revista de Nutrição**, v. 23, n. 3, p. 467-474, jun. 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rn/a/CWKQ7fDBKfF7g88gRvy4jMG/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 30 set. 2021.
- ARES, G.; JAEGER, S. R. Check-all-that-apply questions: Influence of attribute order on sensory product characterization. **Food Quality and Preference**, v. 28, n. 1, p. 141-153, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodqual.2012.08.016>. Acesso em: 03 dez. 2021.
- ARES, G.; REIS, F.; OLIVEIRA, D.; ANTÚNEZ, L.; VIDAL, L.; GIMENEZ, A.; CHHEANG, S. L.; HUNTER, D. C.; KAMD, K.; ROIGARD, C.M.; PAISLEY, A. G.; BERESFORD, M. K.; JIN, D.; JAEGER, S. R. Recommendations for use of balanced presentation order of terms in CATA questions. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 46, p. 137–141, 2015.

AWIKA, J. M.; ROONEY, L. W. Sorghum phytochemicals and their potential impact on human health. **Phytochemistry**, v. 65, p. 1199–1221, 2004.

BANDA, T. D., KUMARASAMY, M. Application of multivariate statistical analysis in the development of a surrogate water quality index (WQI) for South African watersheds. **Water**, Suíça, v. 12, n. 6, p. 1584, 2020.

BALAKIREVA, A.; ZAMYATNIN, A. Properties of Gluten Intolerance: gluten structure, evolution, pathogenicity and detoxification capabilities. **Nutrients**, v. 8, n. 10, p. 644, 18 out. 2016. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-6643/8/10/644>. Acesso em: 01 out. 2021.

BATTOCHIO, J. R.; CARDOSO, J. M. P.; KIKUCHI, M.; MACCHIONE, M.; MODOLO, J. S.; PAIXÃO, A. L.; PINCHELLI, A. M.; SILVA, A. R.; SOUSA, V. C.; WADA, J. K. A.; WADA, J. K. A.; BOLINI, H. M. A. Perfil sensorial de pão de forma integral. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 2, n. 26, p. 428-433, abr. 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/5QGxfn6kzkprbcS9frJ3DFj/?lang=pt>. Acesso em: 02 out. 2021.

BONOW, S. **Nomenclatura científica das espécies dos gêneros Triticum e Aegilops**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009. 9 p. Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do107.htm. Acesso em: 01 out. 2021.

BRASIL. **Lei nº 10674**, de 16 de maio de 2003. Obriga a que os produtos alimentícios comercializados informem sobre a presença de glúten, como medida preventiva e de controle da doença celíaca. Brasília, 16 maio 2003. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/l10.674.htm. Acesso em: 01 out. 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Instrução Normativa nº 62, de 26 de agosto de 2003**. Dispõe sobre os métodos analíticos oficiais para análises microbiológicas para controle de produtos de origem animal e água. 2003. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/servlet/VisualizarAnexo?id=2400>. Acesso em: 04 out. 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001**. Aprova o Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. 2001. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao1/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/resolucao-rdc-no-12-de-2-de-janeiro-de2001.pdf/view>. Acesso em: 04 out. 2021.

BRASIL. **Resolução RDC nº263, de 22 de setembro de 2005**. Aprova o “Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos”. Órgão emissor: ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC_263_2005_.pdf/2b494d48-0d39-4c8d-84d1-e20ec6e9190f. Acesso em: 01 out. 2021.

CAPRILES, V. D.; ARÊAS, J. A. G. Avanços na produção de pães sem glúten: aspectos tecnológicos e nutricionais. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 29, n. 1, p. 129-136, jan. 2011. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/alimentos/article/view/22765>. Acesso em: 02 out. 2021.

CARMO, J. L. do. **Manual de boas práticas em análise sensorial**. 2018. Dissertação (Mestrado) - Curso de Qualidade e Tecnologia Alimentar, Instituto Politécnico de Viseu, Viseu, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ipv.pt/handle/10400.19/5325>. Acesso em: 10 out. 2021.

CÉSAR, A. da S., GOMES, J. C., STALIANO, C. D., FANNI, M. L., BORGES, M. C. Elaboração de pão sem glúten. **Revista Ceres**, v. 306, n. 53, p. 150-155, mar. 2006. Disponível em: <http://www.ceres.ufv.br/ojs/index.php/ceres/article/view/3124>. Acesso em: 01 out. 2021.

COURI, M. H. de S.; GIADA, M. de L. R. Pão sem glúten adicionado de farinha do mesocarpo de babaçu (*Orbinya phalerata*): avaliação física, química e sensorial. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 63, n. 3, p. 297-304, mai./jun. 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rceres/a/ykGWf8QsW48yKSVPyF6NPHs/?lang=pt>. Acesso em: 30 set 2021.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. Porto Alegre: Artmed, 2010.

DEGEORGE, K. C.; FRYE, J. W.; STEIN, K. M.; ROLLINS, L. K.; MCCARTER, D. F. Celiac disease and gluten sensitivity. **Primary Care: Clinics in Office Practice**, v. 44, n. 4, p. 693–707, 2017. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0095454317301057>. Acesso em: 01 out. 2021.

DELIZA, R; ROSENTHAL, A; SILVA, A. L. S. Consumer attitude towards information on non conventional technology. **Trends In Food Science & Technology**, v. 14, n. 1-2, p. 43-49, jan. 2003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224402002406>. Acesso em: 30 set. 2021.

DE OLIVEIRA, A. P. V.; BENASSI, M. de T. Avaliação sensorial de pudins de chocolate com açúcar e dietéticos por perfil livre. **Ciencia e Agrotecnologia**, v. 34, n. 1, p. 146– 154, 2010.

DORS, G. C.; CASTIGLIONI, G. L.; RUIZ, W. A. Utilização da farinha de arroz na elaboração de sobremesa. **Revista Vetro**, Rio Grande, v. 1/2, n. 16, p. 63-67, jan. 2006. Disponível em: <http://www.repositorio.furg.br/handle/1/8901>. Acesso em: 02 out. 2021.

DUTCOSKY, S. D. **Análise Sensorial de Alimentos**. 4. ed. Curitiba: Editora Champagnat, 2013.

EARP, C. F.; MCDONOUGH, C. M.; ROONEY, L. W. Microscopy of pericarp development in the caryopsis of *Sorghum bicolor* (L.) Moench. **Journal of Cereal Science**, v. 39, p. 21–27, 2004.

EPLER, S.; CHAMBERS, E.; KEMP, K. E. Hedonic scales are better predictors than just-about-right scales of optimal sweetness in lemonade. **Journal of Sensory Studies**, v. 13, p. 191-197, 1998.

ESTEVES, E. **Introdução à análise sensorial**. Faro: Instituto Superior de Engenharia da Universidade do Algarve, 2014. 53 p. Disponível em: <https://ualg.academia.edu/eeestes>. Acesso em: 03 out. 2021.

FILHO, I. A. P.; RODRIGUES, J. A. S. **Sorgo: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa, 2015. 327 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1019313/sorgo-o-produtor-pergunta-a-embrapa-responde>. Acesso em: 30 set. 2021.

GALLAGHER, E.; GORMLEY, T.R.; ARENDT, E.K. Crust and crumb characteristics of gluten free breads. **Journal of Food Engineering**, v.56, n.2, p.153-161, 2003. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877402002443?casa_token=9ulv5D7Z8R4AAAAA:99xSMwzyDTjdTAyt66c5PzkzucY7r-VpiWoTs4N6QHNZ9qGtz4EkhROKIV7OInq7GcwENeeerrAI. Acesso em: 03 out. 2021.

GAMBOA, P. A.; EKRISS, L. V. TEFF: Survey on the nutritional and health aspects of teff (*Eragrostis Tef*). **Memorias Red-Alfa Lagrotech** p. 319-382, 2008.

GIBSON, G. R.; ROBERFROID, M. B. Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. **Journal of Nutrition**, Madison, v.125, n.6, p.1401-1412, 1995.

GREEN, P. H. R.; CELLIER, C. Celiac Disease. **The New England Journal Of Medicine**, v. 17, n. 357, p. 1731-1743, 25 out. 2007. Disponível em: https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/nejmra071600?casa_token=GLb1qtmDrLwAAA:AA:jKeEHW1cA6hdf15Wsnjrr4QVHDE6nLOcFe9_ayKG9PmQ_7hqaK1XvLya9YUC4OoE9pQEh9giMpTxhoYv#article_references. Acesso em: 01 out. 2021.

GUSSO, A. P.; MATTANNA, P.; RICHARDS, N. Yacon: benefícios à saúde e aplicações tecnológicas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 5, p. 912-919, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/B7fdTtzhQkd8dhLXnDmZrsn/?lang=pt>. Acesso em: 03 out. 2021.

HOARE, J., BOCK, T. A brand's eye view of correspondence analysis. **International Journal of Market Research**, v. 61, n. 1, p. 12–21, 2019.

IFT (1981) Sensory evaluation guide for testing food and beverage products. Sensory Evaluation Division, Institute of Food Technologists. **Food Technology**, v.35, n. 11, p. 50-59.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ – IAL. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo, 2008. 1020 p.

JAFARI, M.; KOOCHKEI, A.; MILANI, E. Effect of extrusion cooking of sorghum flour on rheology, morphology and heating rate of sorghum-wheat composite dough. **Journal of Cereal Science**, v. 77, p. 49-57, 2017.

JOUAN-RIMBAUD, B. D., PINTO, R. C., SCHMIDTKE, L. M., LOCQUET, N., RUTLEDGE, D. N. Identification of significant factors by an extension of ANOVA–PCA based on multi-block analysis. **Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems**, v. 106, n. 2, p. 173-182, 2011.

KELLY, G. A. **The psychology of personal constructs**. New York: Norton, 1955. 1082 p.

KHANGAR, N. V.; KAMALJA, K. K. Multiple Correspondence Analysis and its applications. **Electronic Journal Of Applied Statistical Analysis**, v. 10, n. 2, p. 432-462, out. 2017.

KUPFER, S. S.; JABRI, B. Pathophysiology of Celiac Disease. **Gastrointestinal Endoscopy Clinics Of North America**, v. 22, n. 4, p. 639-660, out. 2012. Elsevier. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3872820/>. Acesso em: 01 out. 2021.

LESNIAUSKAS, R. O.; CARR, B. T. Workshop summary: Data analysis: getting the most out of just-about-right data. **Food Quality and Preference**, v. 15, p. 891-899, 2004.

MARTINO, H. S. D.; TOMAZ, E. A.; CONCEIÇÃO, L. L.; OLIVEIRA, D. S.; QUEIROZ V. A. V.; RODRIGUES, J. A. S.; PIROZI, M. R.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M.; RIBEIRO, S. M. R. Caracterização química e distribuição granulométrica de genótipos de sorgo para alimentação humana. **Revista Do Instituto Adolfo Lutz**, v. 71, n. 2, p. 337-344, 2012.

MEIJER, C.; SHAMIR, R.; SZAJEWSKA, H.; MEARIN, L. Celiac disease prevention. **Frontiers in Pediatrics**, v. 6, n. 30, 2018. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fped.2018.00368/full>. Acesso em: 10 out. 2021.

MOSCATTO, J. A.; FERREIRA, S. H. P.; HAULY, M. C. O. Farinha de yacon e inulina como ingredientes na formulação de bolo de chocolate. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 4, n. 24, p.634-640, out. 2004.

MOSKOWITZ, H. R. Sensory directionals for pizza: A deeper analysis. **Journal of Sensory Studies**, v. 16, n. 6, p. 583-600, 2001.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Lost Crops Of Africa. Volume 1: grains**. Washington DC: National Academy Press; 1996.

NESPECA, L. de S. **Impacto da adição das folhas de stevia rebaudiana bertonii nas características físico-químicas e sensoriais de bolos isentos de glúten e lactose**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2021. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/25753>. Acesso em: 05 out. 2021.

NÓBREGA, Y. K. de M. Genotype DQ2.5/DQ2.2 ($\beta\beta 2/\beta\beta 2$) and High Celiac Disease Risk Development. **Celiac Disease - From The Bench To The Clinic**, Londres: IntechOpen, 2018. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/36925>. Acesso em: 01 out. 2021.

OLIVEIRA, J. L. **Características de pães sem glúten com farinha de sorgo vermelho**. 2017. Dissertação (Mestrado) - Programa de pós-graduação em tecnologia de alimentos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, 2017.

ONYANGO, C.; MUTUNGI, C.; UNBEHEND, G.; LINDHAUER, M G. Rheological and baking characteristics of batter and bread prepared from pregelatinised cassava starch and sorghum and modified using microbial transglutaminase. **Journal of Food Engineering**, v. 97, p. 465–470, 2010.

PADILHA, V. M.; ROLIM, P. M.; SALGADO, S. M.; LIVERA, A. S.; ANDRADE, S. A. C.; GUERRA, N. B. Perfil sensorial de bolos de chocolate formulados com farinha de yacon (*Smallanthus sonchifolius*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 3, p. 735–740, 2010. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612010000300026&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 29 out. 2021.

POPPER, R. **Use of just-about-right scales in consumer research**. In P. Varela & G. Ares (Eds.), *Novel techniques in sensory characterization and consumer profiling*. Boca Raton: CRC Press, 2014, p. 137-156.

POPPER, R.; KROLL, D. Just-about-right scales in consumer research. **Chemosense**, v. 7, p. 4-6, 2005.

POPPER, R.; ROSENSTOCK, W.; SCHRAIDT, M.; KROLL, B. J. The effect of attribute questions on overall liking ratings. **Food Quality and Preference**, v. 15, p. 853-858, 2004.

QANNARI, E. M.; WAKELING, I.; MACFIE, H. J. H. A hierarchy of models for analyzing sensory data. **Food Quality and Preference**, v. 6, n. 4, p. 309–314, jan. 1995.

QANNARI, E. M., COURCOUX, P., VIGNEAU, E. Common components and specific weights analysis performed on preference data. **Food Quality and Preference**, v. 12, p. 365-368, 2001.

ROLIM, P. M. **Aspectos sensoriais e funcionais de pães com farinha de yacon (*Smallanthus sonchifolius*)**. 2008. Dissertação (Mestrado) - Curso de Nutrição,

Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008. Disponível em: https://attena.ufpe.br/bitstream/123456789/8449/1/arquivo3978_1.pdf. Acesso em: 20 out. 2021.

SANTANA, I; CARDOSO, M.H. Raiz tuberosa de yacon (*Smallanthus sonchifolius*): potencialidade de cultivo, aspectos tecnológicos e nutricionais. **Ciência Rural**. v. 38, n. 3, p. 898-905, 2008.

SEMINARIO, J.; VALDERRAMA, M.; MANRIQUE, I. **El yacon**: fundamentos para el aprovechamiento de un recurso promisorio. Lima: Cip, Centro Internacional de La Papa, 2003. 61 p. Disponível em: http://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/07/Yacon_Fundamentos_password.pdf. Acesso em: 20 out. 2021.

TORMENA, M. M. L. **Desenvolvimento de formulação para bolo contendo farinha de maca e yacon**. 2016. Dissertação (Mestrado) - Mestrado em Tecnologia de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2016. Disponível em: http://repositorio.utfpr.edu.br:8080/jspui/bitstream/1/2177/1/CM_PPGTA_M_Tormena%2c%20Marcela%20Marta%20Lazaretti_2016.pdf. Acesso em: 05 out. 2021.

TYE-DIN, J. A.; GALIPEAU, H. J.; AGARDH, D. Celiac disease: A review of current concepts in pathogenesis, prevention, and novel therapies. **Frontiers in Pediatrics**, v. 6, n. 21, p. 1–19, 2018. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fped.2018.00350/full>. Acesso em: 30 set. 2021.

WALTER, M.; MARCHEZAN, E.; AVILA, L. A. de. Arroz: composição e características nutricionais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 4, p. 1184-1192, jul. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cr/v38n4/a49v38n4.pdf>. Acesso em: 11 out. 2021.

WANISKA, R. D. Structure, phenolic compounds, and antifungal proteins of sorghum caryopses. **International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics**. p. 72-106, 2000.

WILLIAMS, A. A.; LANGRON, S. P. The use of free-choice profiling for the evaluation of commercial ports. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 35, n. 5, p. 558– 568. 1984.

YETNEBERK, S.; de KOCK, H.L.; ROONEY, L. W.; TAYLOR, J. R. N. Effects of sorghum cultivar on injera quality. **Cereal Chemistry**. n. 81, p. 314–321, 2004.

ZHU, F. Chemical composition and food uses of teff (*Eragrostis tef*). **Food Chemistry**, v. 239, p. 402-415, jan. 2018. Elsevier. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030881461731083X?casa_token=PksfqfxUWTYAAAAA:CH2W-GdMGq4OBgKZZxvbOHsJ0d9TWp0fHD8E_foNOFF9JPXLcfycvA99Rzrqnh6NjOZO DoHIXg. Acesso em: 03 out. 2021.