

**RAQUEL BULEGON**

**UTILIZAÇÃO DO PLANEJAMENTO ESTATÍSTICO PLACKET E BURMANN NO  
ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO SIMULTÂNEA DE FIBRAS E  
SUBSTITUINTE DE GORDURA NA PRODUÇÃO DE BOLO DE CHOCOLATE.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

**Orientadora:** Prof. Dra. Andréia Zilio Dinon

**Coorientadora:** Prof. Dra. Georgia Ane Raquel Sehn

**Pinhalzinho, SC  
2019**

**Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da  
Biblioteca Setorial do CEO/UEDESC,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

Bulegon, Raquel

Utilização do planejamento estatístico Placket e Burmann no estudo da influência da adição simultânea de fibras e substituinte de gordura na produção de bolo de chocolate. / Raquel Bulegon. -- 2019.

77 p.

Orientadora: Andréia Zilio Dinon

Coorientadora: Georgia Ane Raquel Sehn

Dissertação (mestrado) -- Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Educação Superior do Oeste, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Chapecó, 2019.

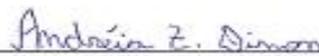
1. substituintes de gordura. 2. microscopia eletrônica de varredura. 3. produtos saudáveis. 4. análise sensorial. I. Dinon, Andréia Zilio . II. Ane Raquel Sehn, Georgia . III. Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Educação Superior do Oeste, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. IV. Título.

**RAQUEL BULEGON**

**Utilização do planejamento estatístico Placket e Burmann no estudo da influência da adição simultânea de fibras e substituinte de gordura na produção de bolo de chocolate.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

**Banca Examinadora:**



Prof. Dra. Andréia Zilio Dinon – Orientadora  
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC



Prof. Dra. Elisandra Rigo  
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC



Prof. Dra. Geciane Toniazzo  
Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões-URI



Prof. Dra. Marla Sganzerla  
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC

**Pinhalzinho - SC, 27 de fevereiro de 2019.**



Dedico este trabalho aos meus pais, irmão, familiares e amigos, em especial a meu esposo Lenoir que celebraram esta conquista comigo e proporcionaram todo apoio, incentivo e amor.



## AGRADECIMENTOS

Á Deus pelo dom da vida, por todas as bênçãos e dificuldades que me tornam mais forte, por sempre ouvir minhas orações e apelos;

Aos meus pais Paulo e Claivete Bulegon, agradeço por me darem a vida, me ensinarem os verdadeiros valores e mostrarem através de exemplos a lealdade, honestidade e trabalho árduo, por sempre me incentivarem a estudar e me proporcionarem dedicação exclusiva a caminhada acadêmica me dando todo suporte, apoio, estímulo e tocida;

Ao meu irmão Renan Bulegon, agradeço toda ajuda e incentivo, companheirismo e irmandade. Aos meus familiares, cunhados, primos, tios, sogros, agradeço a torcida, incentivo, risadas, brincadeiras, momentos de apoio e descontração que fizeram com que a caminhada fosse mais leve e alegre.

Ao meu amor e companheiro de vida, Lenoir Heisler, agradeço a Deus por te-lô colocado junto de mim. Você esteve comigo no momento da aprovação, na dificuldade do período sem bolsa, na alegria quando recebi a bolsa, nas dúvidas e incertezas da carreira acadêmica, vibrou comigo a cada pequeno avanço, a cada etapa concluída. Obrigada por cada palavra de motivação, pelos abraços de conforto e amor, por enxugar minhas lágrimas e vibrar comigo, pela paciência e carinho em tantos momentos, pelo auxílio na escrita e correções tanto da dissertação quanto dos trabalhos e artigos desenvolvidos durante o mestrado, por ter sido meu ombro amigo, minha calmaria, meu refúgio, por sempre me incentivar a seguir meus sonhos, por me dar suporte para dedicação exclusiva ao mestrado. Sem você comigo eu não conseguiria. Essa conquista com certeza é Nossa! Te amo muito.

A minha comadre e irmã de coração Kamila Fernada Zanco, agradeço pela amizade, cumplicidade, por me ouvir tantas e tantas vezes, por dividir comigo tantos momentos, sonhos, projetos, angústias e incertezas da vida, pelo incentivo desde a graduação, pelas

orações, por vibrar com as minhas conquistas como se fossem suas e sentir as derrotas com a mesma dor. Você é um exemplo de alegria de viver, bem querer e fé em Deus. Torna meus dias mais doces e ternos por saber que tenho a ti como uma verdadeira amiga. Te amo minha irmã.

Aos meus queridos amigos, especialmente os da PJ (Pastoral da Juventude), agradeço por me tornarem uma pessoa melhor, por cada palavra e exemplo de ser jovem, pelas gargalhadas, danças, rodas de viola, chimarrão, carinho e afeto que dividimos. Com vocês aprendi a rir quando o momento era sério (rsrsrsr), a dançar na chuva, a apreciar as estrelas e uma roda de viola ao redor da fogueira, aprendi o que é a amizade, o amor, a cumplicidade, a parceria e o perdão que dão sabor a vida, aprendi que uma roda de conversa e chimarrão são remédios eficazes. Graças a vocês essa conquista tem um sabor mais afetivo, humano e doce. “Um amigo fiel é uma poderosa proteção: Quem o achou, descobriu um tesouro.” Ec. 5, 14.

Ao meu primeiro professor orientador e mestre, Dr. Gilmar de Almeida Gomes (em memória) que me conduziu, incentivou e mostrou o caminho da carreira acadêmica, agradeço cada conselho, conhecimento compartilhado e por sempre acreditar em mim! Sua passagem mudou e transformou minha vida! Te levarei como exemplo por onde eu for!

À minha professora orientadora Andréia Zilio Dinon, exemplo de dedicação, comprometimento e competência, por toda disponibilidade, apoio, horas dedicadas aos meus trabalhos e experimentos, pelas palavras de incentivo e apoio, conselhos e amizade. Por nunca ter medido esforços para me auxiliar, dando prioridade a minha dissertação, por todo conhecimento transmitido e paciência com que brilhantemente conduziu esta caminhada. Sem você eu não estaria aqui neste momento!

À minha professora coorientadora Georgia Ane Raquel Sehn, agradeço toda ajuda, conselhos, apoio, incentivo e dedicação para que este trabalho fosse realizado. Agradeço também aos demais professores do PPGCTA-UDESC por todos os auxílios prestados,

reagentes, materiais e laboratórios disponibilizados, em especial a querida professora Elisandra Rigo, que desde a graduação tem sido uma verdadeira mãe, agradeço os conselhos, ajuda, tempo disponibilizado para correções e sugestões em meus trabalhos, pela dedicação e carinho a mim da mesma maneira que tens para com seus orientados, pelas gargalhadas que tornam tudo mais leve (rsrsr). Com certeza te levarei sempre em meu coração!

Aos colegas e amigos do mestrado, agradeço cada auxílio e opinião nas análises e escrita dos trabalhos, pelas parcerias em congressos e simpósios, pelos momentos de risadas, jantares e chimarrões compartilhados, por dividirem comigo as dúvidas e anseios da carreira, deixando tudo mais bonito de ser vivido.

À todos vocês o meu respeito, carinho, admiração e um sincero: **Muito Obrigada!**



Os que se encantam com a prática sem a ciência são como os timoneiros que entram no navio sem timão nem bússola, nunca tendo certeza do seu destino.

**Leonardo da Vinci**

Consagre ao Senhor tudo o que você faz,  
e seus planos serão bem-sucedidos.

**Provérbios 16:3**



## RESUMO

As mudanças no processamento e a crescente exigência do consumidor por alimentos que apresentem, além da alta qualidade sensorial e nutricional, benefícios associados à saúde, fazem surgir a necessidade de novos produtos que possam atender as exigências do mercado. O presente trabalho teve como principal objetivo o desenvolvimento e a caracterização tecnológica e sensorial de bolos com substituição parcial da farinha de trigo (FT) pela farinha de banana verde (FBV) e substituição total da gordura vegetal por chia hidratada. Utilizou-se o delineamento experimental Plackett-Burman (PB12) com cinco variáveis independentes, sendo elas: FBV/FT, chia, açúcar, cacau e ovos, cada uma com 2 níveis e três repetições do ponto central, totalizando 15 experimentos. A formulação controle (FC) foi elaborada sem a adição de FBV, sementes de chia e cacau. Foram realizadas as seguintes análises: atividade de água, volume, umidade, textura, cor, microscopia eletrônica de varredura (MEV) e análise sensorial. Diferenças significativas foram observadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) entre as formulações para todos os parâmetros quando comparados à FC. As formulações F4, F9 e F10, com resultados das análises físico-químicas sem diferença significativa ou mais próximos à FC, foram submetidas a análise sensorial e a microscopia eletrônica de varredura (MEV). Observou-se que as amostras que continham maior concentração de FBV em sua formulação apresentaram-se menos macias, menos elásticas, com menor volume e cor mais escura quando comparadas à FC. A análise sensorial dos bolos comprovou a aceitação para as quatro formulações (F4, F9 e F10), sendo atribuídas notas próximas e superiores a 7,0 para todos os atributos sensoriais avaliados sem diferença em relação à FC. Na intenção de compra as formulações FC e F10 foram avaliadas com nota 4,0, provavelmente compraria. Assim, observa-se que a formulação F10 foi a melhor dentre todas e pode ser utilizada para o desenvolvimento de um produto com redução de gordura e adicionado de fibras.

**PALAVRAS CHAVE:** Substituintes de gordura. Microscopia eletrônica de varredura. Produtos saudáveis. Análise sensorial.



## ABSTRACT

The changes in processing and the increasing of consumer's demand for foods that present health benefits, in addition to high sensorial and nutritional quality, raise the need for new products that can achieve the market requirements. The main objective of the present work was the development and the technological and sensorial characterization of cakes with partial substitution of wheat flour (FT) for the green banana flour (FBV) and total substitution of vegetable fat for hydrated chia seeds. The experiment was carried out with five independent variables: FBV / FT, chia seeds, sugar, cocoa powder and fresh eggs, each with 2 levels and three replicates of the central point, in a total of 15 experiments. The control formulation (FC) was made without the addition of FBV, chia seeds and cocoa powder. The following analysis were performed: water activity, volume, humidity, texture, color, scanning electron microscopy (SEM) and sensorial analysis. Significant differences ( $p < 0.05$ ) were observed by the Tukey test for all analysed parameters among formulations when compared to FC. The formulations F4, F9 and F10, that showed physicochemical analysis results considered no significant different or closer to the FC, were submitted to sensorial analysis and scanning electron microscopy (SEM). It was observed that the samples containing the highest concentration of FBV in their formulation were less soft, less elastic, with lower volume and darker color when compared to the FC. It has been shown that the proportional increase in the percentage of FBV used in mixed flour formulations, increased the water absorption and decreased the gluten stability. Sensorial analysis of the cakes confirmed the acceptance of the four formulations (F4, F9 and F10), with evaluations close to and above 7.0 for all sensorial attributes without difference in relation to FC. About the purchasing intention, the formulations FC and F10 were evaluated with the level 4.0, that means, probably purchase. The formulation F10 was the best among all the others and can be useful for a product development with fat reduction and fibers addition.

**KEYWORDS:** Fat substitute. Scanning electron microscopy. Healthy products. Sensory analysis.



## ISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Venda e consumo de pães e bolos no Brasil nos anos de 2012 a 2016.....	29
Tabela 2 - Fibras alimentares: tipos, fontes e ações.....	31
Tabela 3 - Matriz do planejamento experimental PB 12 com 2 níveis mais o ponto central com 3 repetições, totalizando 15 experimentos com os valores reais e codificados para as formulações de bolos.....	52
Tabela 4 - Composição centesimal das matérias-primas .....	54
Tabela 5 - Atividade de água (Aw), volume, umidade e textura das formulações de bolos.....	56
Tabela 6- Cor da crosta e do miolo para as formulações de bolos.....	60
Tabela 7 - Formulações dos bolos com farinha de banana verde, chia e cacau.....	65
Tabela 8 - Aceitação sensorial dos bolos com substituição da farinha de trigo pela farinha de banana verde e de gordura pela chia hidratada.....	69



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ficha de avaliação sensorial disponibilizada aos julgadores para realização da análise.....	67
Figura 2 - Perfil dos julgadores quanto ao consumo de bolos e produtos sem glúten e com fibras.....	68
Figura 3 - Perfil dos julgadores quanto a intenção de compra das formulações.....	70
Figura 4 - Microestrutura eletrônica de varredura das amostras de bolo com aumento de 1000x.....	72
Figura 5 - Formulações dos bolos submetidos a análise sensorial.....	73



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>23</b>
<b>2 CARACTERÍSTICAS DE PRODUÇÃO E INGREDIENTES UTILIZADOS PARA SUBSTITUIÇÃO DE GORDURAS E ADIÇÃO DE FIBRAS EM BOLOS – REVISÃO .....</b>	<b>25</b>
2.1 INTRODUÇÃO .....	25
2.2 TRIGO .....	27
2.2.1 Características do trigo .....	27
2.2.2 Farinha de trigo e aplicações .....	28
2.2.3 Farinhas mistas.....	29
2.2.4 Fibra alimentar .....	30
2.3 CARACTERÍSTICAS DA BANANA VERDE.....	32
2.3.1 Produção mundial e consumo .....	35
2.3.2 Farinha de banana verde: usos e produção .....	38
2.4 SUBSTITUINTES DE GORDURA.....	40
2.4.1 Características gerais.....	40
2.4.2 Semente de chia como substituinte de gordura.....	43
2.5 INGREDIENTES NA PRODUÇÃO DE BOLOS .....	45
2.5.1 Cacau .....	45
2.5.2 Açúcar, ingredientes líquidos, ovos e fermento.....	45
2.6 CONCLUSÃO .....	47
<b>3 IMPACTO DO USO DE FARINHA DE BANANA VERDE E CHIA HIDRATADA NA PRODUÇÃO DE BOLOS DE CHOCOLATE COM BAIXO TEOR DE GORDURA E RICOS EM FIBRA.....</b>	<b>49</b>
3.1 INTRODUÇÃO .....	49
3.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	50
3.2.1 Produção dos bolos.....	50
3.2.2 Delineamento Experimental .....	50
3.2.3 Análises físico-químicas da matéria-prima .....	53
3.2.4 Análises físico-químicas dos bolos .....	53
3.2.5 Análise Estatística .....	54
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	54
3.3.1 Composição centesimal das matérias-primas .....	54
3.3.2 Análises físico-químicas das formulações.....	55
3.4 CONCLUSÃO .....	62

<b>4 ACEITAÇÃO SENSORIAL E CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS DE BOLOS COM CHIA E FARINHA DE BANANA VERDE .....</b>	<b>63</b>
4.1 INTRODUÇÃO .....	63
4.2 MATERIAIS E MÉTODOS .....	64
4.2.1 Preparo das formulações.....	65
4.2.2 Análise sensorial .....	65
4.2.3 Análise de microscopia eletrônica de varredura (MEV) .....	68
4.2.4 Análise Estatística .....	68
4.2.5 Perfil dos julgadores .....	68
4.2.6 Análise sensorial e intenção de compra.....	69
4.2.7 Microestrutura dos bolos .....	71
4.4 CONCLUSÃO .....	74
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>75</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>77</b>
<b>APÊNDICE – GRÁFICOS DE PARETO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS AVALIADOS. ....</b>	<b>85</b>

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A globalização e a industrialização proporcionaram facilidades alimentares que, apesar de toda praticidade, trouxeram alguns malefícios à saúde do consumidor. Produtos ricos em conservantes, gorduras e sódio são facilmente encontrados, amplamente consumidos e podem trazer consequências negativas à saúde, como obesidade, intolerâncias, alergias, hipertensão. Assim, é de extrema importância buscar alternativas que possam prevenir ou reduzir o risco de tais enfermidades (OLIVEIRA, 2015).

Diversos compostos presentes nos alimentos fornecem características benéficas que auxiliam na manutenção da saúde e prevenção de doenças. Alimentos funcionais devem ter substâncias naturais que apresentem efeitos nutritivos e benéficos que promovem e potencializam o bem-estar e a saúde de quem os consome (SANTOS *et al.*, 2015). Alguns exemplos dessas substâncias são as fibras, as vitaminas e os aminoácidos que podem ser naturalmente encontrados nos alimentos ou ingredientes adicionados ao produto final para potencializar uma característica funcional desejada (SAVLAK *et al.*, 2016).

Sendo assim, o presente estudo visa elucidar a influência e a interação de ingredientes no desenvolvimento de bolos funcionais com substituição parcial da farinha de trigo (FT) pela farinha de banana verde (FBV) e substituição total de lipídios por chia hidratada. O planejamento experimental de Plackett-Burman (PB12) será usado para avaliar 5 variáveis independentes, sendo elas: FBV, chia, açúcar, cacau e ovos. Diferentes formulações serão avaliadas em relação a uma formulação controle (FC) sem adição de FBV, chia e cacau. Esta dissertação encontra-se dividida em três capítulos. No primeiro, apresenta-se uma revisão bibliográfica com enfoque para a produção, comercialização e matérias-primas utilizadas no desenvolvimento da presente pesquisa. No segundo, são apresentadas as composições das matérias-primas utilizadas no desenvolvimento do trabalho e os resultados das avaliações físicas e químicas das formulações desenvolvidas com base no planejamento estatístico Plackett e Burmann (PB12). No terceiro, estão os resultados da avaliação sensorial e da microscopia eletrônica de varredura realizada com as três melhores formulações desenvolvidas em comparação a FC.



## 2 CARACTERÍSTICAS DE PRODUÇÃO E INGREDIENTES UTILIZADOS PARA SUBSTITUIÇÃO DE GORDURAS E ADIÇÃO DE FIBRAS EM BOLOS – REVISÃO

### 2.1 INTRODUÇÃO

O estilo de vida atual exige facilidades alimentares que, apesar de toda praticidade, acarretaram alguns malefícios à saúde do consumidor. Produtos ricos em conservantes, gorduras e sódio são facilmente encontrados, amplamente consumidos e podem trazer consequências negativas à saúde, como obesidade, intolerâncias, alergias e hipertensão. Alternativas que possam prevenir ou reduzir o risco de tais enfermidades são necessárias (OVANDO-MARTINEZ, 2009). Uma das principais tendências é a prevenção de doenças pela adoção de hábitos alimentares mais saudáveis, incluindo a substituição de ingredientes tradicionais por funcionais, aumentar o consumo de alimentos ricos em fibras, com redução de açúcar e gorduras.

Alguns exemplos desses alimentos são os tubérculos, como a mandioca, o inhame e a batata doce; as farinhas com alto teor de proteínas, como as farinhas de soja, amendoim, grão de bico e as farinhas com alto teor de fibras e/ou provenientes de frutas como a banana verde, a casca do maracujá, a casca da uva e outros cereais, como milho, arroz e sorgo (JIANG *et al.*, 2015).

No Brasil, as fibras alimentares são definidas como material não hidrolisável pelas enzimas endógenas (BRASIL, 2001). As fibras são consideradas substâncias de origem vegetal que auxiliam no aumento do volume do bolo fecal e diminuem o tempo de trânsito intestinal. Podem ser classificadas quanto a sua solubilidade em fibras solúveis e insolúveis (CHOO *et al.*, 2010). Estudos apontam que as fibras solúveis aumentam o tempo de trânsito intestinal e reduzem a velocidade da absorção de glicose, enquanto as fibras insolúveis reduzem o tempo de trânsito intestinal e aumentam a capacidade de retenção de água. A ingestão de fibras solúveis aliada a uma dieta com baixo teor de gorduras, contribui para a redução do colesterol sanguíneo, além de regular a glicemia, ou seja, o nível de glicose no sangue, sendo recomendada para pessoas com diabetes e taxas de colesterol elevadas (ZANDONADI *et al.*, 2012).

A banana verde caracteriza-se pelo baixo teor de açúcares e alto teor de amido, o que corresponde de 55 % a 93 % do teor de sólidos totais e pela adstringência devido aos compostos fenólicos da polpa. Os frutos ainda verdes apresentam em média 73,4 % de amido total, sendo 17,5 % de amido resistente, o qual age no organismo como fibra alimentar

(RAMOS *et al.*, 2009). A maior quantidade de amido resistente presente na farinha de banana verde é do tipo 2 (AR2), que não é digerível no estado cru, devido ao alto conteúdo de amilose, porém torna-se digerível quando aquecido. Sua quantidade pode variar de 49 a 57 g/100 g em função da variedade e do processo de secagem. O amido é o principal responsável pelas propriedades tecnológicas, uma vez que age no organismo como fibra alimentar, contribui com propriedades de textura e tem aplicações como espessante, estabilizante, agente gelificante e intensificador de volume (CASTILHO *et al.*, 2010).

A gordura é outro elemento de grande importância na alimentação devido as suas propriedades nutricionais, funcionais e organolépticas. É vital para o metabolismo humano, pois fornece ácidos graxos essenciais necessários à estrutura das membranas celulares e também serve como transportadora das vitaminas lipossolúveis A, D, E e K. As gorduras têm uma função importante na determinação das características tecnológicas e sensoriais de produtos alimentícios, como sua estabilidade ao calor, viscosidade, cristalização, propriedades de aeração, sensibilidade a quebra/corte, pegajosidade, migração e dispersão (FERNANDES; SALAS-MELLADO, 2017).

Apesar da sua importância na saúde, a gordura tem sido associada a doenças cardiovasculares, alguns tipos de câncer, diabetes e expectativa de vida mais curta, que por sua vez são correlacionadas estatisticamente com a obesidade. Os consumidores têm procurado alimentos que contribuam diretamente com a sua saúde, preocupando-se não somente com a obtenção de nutrientes, mas também com a redução dos riscos de enfermidades e a promoção do bem-estar físico e mental (AGAMA-ACEVEDO, 2012). O conteúdo de gordura de um produto pode ser diminuído substituindo-o, total ou parcialmente, por um componente menos energético. A chia é particularmente interessante pois, além de melhorar o valor nutritivo, apresenta grande capacidade para reter água e óleo, características que a tornam um ingrediente potencial para produtos panificados e como emulsão alimentar (ANDRADE *et al.*, 2018).

A semente de chia possui elevado valor nutricional: 25 % de proteínas, 35 % de lipídios, sendo 79,5 % de ácidos graxos poli-insaturados, cerca de 60 % como ômega-3, 30 % de fibras, sendo 5,7 % insolúveis e 24,3 % solúveis. Além disso, contém minerais, vitaminas e antioxidantes naturais como tocoferóis (238-427 mg.kg<sup>-1</sup>) e polifenóis (IXTAINA *et al.*, 2015). Ao entrar em contato com a água, ocorre hidratação do epicarpo das sementes de chia, a cutícula se rompe e forma-se uma mucilagem que circunda toda a superfície da semente (MUÑOZ *et al.*, 2012). Esse gel é composto essencialmente por fibras solúveis que contribuem para a estabilidade da estrutura de produtos alimentícios, em especial, dispersões

e emulsões presentes em sobremesas, bebidas, pães, geleias, maioneses, biscoitos, barras de cereais, iogurtes e molhos (MESÍAS *et al.*, 2015). Agentes gelificantes tem influência na textura, na aparência e na sensação residual, além de ter implicações nas interações sinérgicas entre os diversos ingredientes do alimento (PIZARRO *et al.*, 2013).

O presente trabalho buscou realizar uma revisão bibliográfica para abordar as principais características dos ingredientes funcionais e nutritivos utilizados na produção de bolos.

## 2.2 TRIGO

O trigo (*Triticum aestivum*) é um dos alimentos mais antigos e sua produção mundial chega a ultrapassar 670 milhões de toneladas ao ano. No Brasil, a produção anual de trigo oscila entre 5 e 6 milhões de toneladas. Ele é cultivado em cerca de 90% da região Sul, nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná e vem sendo introduzido, em menor número, nas regiões Sudeste e Centro-oeste, nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Mato Grosso do Sul, Goiás e também no Distrito Federal. O consumo anual de trigo no Brasil é de cerca de 10 milhões de toneladas ao ano (ABIMAPI, 2018).

### 2.2.1 Características do trigo

O trigo, pertence à família Poaceae, subfamília *Pooideae* e ao gênero *Triticum*. O grão de trigo integral é fonte de carboidratos fermentáveis, tais como fibras alimentares, amido resistente e oligossacarídeos (ODENIGBO *et al.*, 2013). Durante o processo de moagem do grão são obtidos o farelo, o endosperma e o gérmen, considerados matérias-primas para a indústria. O farelo de trigo é formado pelo pericarpo, que constitui a camada mais externa e protetora do grão, rica em fibras e minerais e pela camada de aleurona, que contém vitaminas do complexo B e metade do conteúdo mineral presente no grão de trigo. O endosperma dá origem à farinha de trigo branca propriamente dita. Representa aproximadamente 80% do peso do grão e é constituído, em média, por 88% de carboidratos, formados basicamente pelo amido na forma de amilose e amilopectina (TRIBESS *et al.*, 2009). O gérmen é o embrião que dá origem a uma nova planta. Representa cerca de 3% do peso do grão e é uma das mais ricas fontes de vitaminas do complexo B e, possui também, teor considerável de proteínas, lipídios e minerais (LEON E ROSELL, 2007). O gérmen é usualmente removido durante o processo

de extração por conter lipídios que limitam a manutenção da qualidade da farinha (TRIBESS *et al.*, 2009).

Os carboidratos do grão de trigo na forma de amilose e amilopectina são responsáveis pela formação de géis (SCHEUER *et al.*, 2011) que proporcionam grande potencial na modificação da textura e, conseqüentemente, na qualidade dos produtos elaborados. Essas estruturas sofrem transformações quando são submetidas ao tratamento térmico, destacando-se a gelatinização e a retrogradação, que dependerão, dentre outros fatores, da proporção de amilose/amilopectina (LEON; ROSELL, 2007). As proteínas presentes no grão de trigo são divididas em proteínas solúveis – albuminas e globulinas – e proteínas de reserva – gliadina e glutenina. As proteínas de reserva, quando hidratadas e submetidas ao trabalho mecânico, dão origem ao glúten, rede proteica, principal responsável pela funcionalidade do trigo e propriedades visco-elásticas da massa, tornando-a apropriada à elaboração de produtos de panificação. Os lipídios do grão de trigo estão presentes principalmente no gérmen e são formados, em sua maioria, por 72 % a 85 % de ácidos graxos insaturados (SCHEUER *et al.*, 2011).

### 2.2.2 Farinha de trigo e aplicações

Está em vigor, desde julho de 2012, a Instrução Normativa n° 38 (ANVISA, 2010), que classifica o trigo em cinco classes, sendo elas: melhorador, pão, doméstico, básico e para outros usos, definidas em função dos resultados de força de glúten (W), da alveografia e/ou da estabilidade da farinografia. Os genótipos da classe melhorador são aptos para uso na produção de massas alimentícias, biscoitos tipo "crackers", pães industriais e em misturas com cultivares de trigo mais fraco (das classes de trigo doméstico/básico) para fins de panificação. As cultivares da classe pão são indicadas para produção de massas alimentícias secas, biscoitos tipo "cracker" e panificação industrial (ABIMAPI, 2018).

Na Tabela 1, estão as vendas e consumo de pães e bolos industrializados nos últimos anos, de acordo com a Abimapi (2018).

**Tabela 1:** Venda e consumo de pães e bolos no Brasil nos anos de 2012 a 2016.

Ano		2012	2013	2014	2015	2016
Vendas (bilhões R\$)		4,25	4,93	5,83	6,03	6,26
Vendas (mil tons)		461,04	469,96	506,77	500,62	474,45
População (milhões/ano)	brasileira	198,00	200,00	202,00	204,00	205,00
Per capita (kg/ano)		2,32	2,35	2,51	2,47	2,31

Fonte: Abimapi (2018).

O maior poder aquisitivo dos consumidores e a crescente procura por alimentos mais práticos explicam o aumento e a manutenção do desempenho do setor de bolos industriais (Tabela 1).

### 2.2.3 Farinhas mistas

A indústria de alimentos tem o desafio de produzir bolos menos calóricos. Contudo, a substituição total ou parcial de alguns ingredientes como açúcar, farinha e gordura, pode resultar em perdas e modificações na aparência, textura e sabor. Estão disponíveis no mercado pré-misturas mais nutritivas devido ao uso de ingredientes funcionais como grãos de aveia, sementes de linhaça ou chia; oleaginosos como castanha-do-pará, castanha-de-caju, nozes, amêndoas; e frutas secas ou frescas (ABIMAPI, 2018).

Também estão disponíveis bolos integrais, produzidos com farinha integral que contém fibras, vitaminas e minerais benéficos na prevenção de doenças e os produtos denominados “zero”, que restringem alguns ingredientes como açúcar, gordura ou sódio, por exemplo. Inicialmente destinados ao público com necessidades especiais, esses alimentos são também consumidos pelos que desejam adotar um estilo de vida mais saudável (WANG *et al.*, 2012).

As farinhas mistas têm sido estudadas como possibilidades de substituir o trigo, necessário para a produção de pães, bolos e massas, parcial ou totalmente, por produtos alternativos. Entre as possíveis fontes de matérias-primas, destacam-se os tubérculos, como a mandioca, o inhame e a batata doce; as farinhas ricas em proteínas, como as farinhas de soja, amendoim, grão de bico; as farinhas ricas em fibras e/ou provenientes de frutas como a

banana verde, a casca do maracujá, a casca da uva e de outros cereais, como milho, arroz, milho e sorgo (WANG *et al.*, 2012).

As farinhas provenientes de fontes diferentes do trigo e por esse motivo chamadas de não panificáveis, são aquelas cuja massa formada através da mistura com água e pelo batimento mecânico, não forma a estrutura viscoelástica do glúten e desta forma, seus produtos não apresentam qualidade idêntica aos produzidos com farinha de trigo. Para o aproveitamento destas farinhas é necessário, na maioria dos casos, misturá-las à farinha de trigo (FASOLIN *et al.*, 2007).

A formulação de uma farinha mista para uso em panificação e confeitaria deve considerar alguns aspectos para que sua aplicação seja viável. Dentre os vários aspectos, destacam-se as propriedades reológicas da massa e as características físicas, sensoriais e nutricionais das matérias-primas empregadas na formulação. Além disto, os produtos devem apresentar valor nutricional pelo menos igual ao daqueles com farinha de trigo pura e o custo final das misturas deve ser igual ou inferior ao preço final da farinha de trigo pura (GANORKAR, *et al.*, 2014).

As farinhas mistas devem combinar alto valor nutritivo com boas características de processamento e sob o ponto de vista da qualidade, seus produtos devem ser comparáveis aos similares de trigo. O uso de farinhas mistas pode proporcionar melhoria da qualidade nutricional dos alimentos consumidos pela população, em função da escolha de seus componentes e proporções, como por exemplo, emprego de farinhas ricas em fibras, além de servir como estímulo à agricultura, à indústria local e ao aproveitamento de resíduos da indústria como cascas e sementes de frutas (KACZMARCZYK *et al.*, 2012).

#### 2.2.4 Fibra alimentar

O termo fibra alimentar foi inicialmente usado para descrever os componentes das paredes celulares dos alimentos. O significado fisiológico de fibra alimentar foi elaborado baseado em observações comparativas da ingestão de fibras para melhorar a atividade intestinal em enfermidades de indivíduos dos Estados Unidos e da África (CUMMINGS; EDMOND; MAGEE, 2004).

As fibras alimentares não são nem digeridas nem absorvidas no intestino delgado e quando passam pelo intestino grosso são responsáveis por diferentes efeitos, como redução da absorção de lipídios, do tempo de trânsito intestinal e aumento do volume fecal (CHOO *et al.*, 2010; CUMMINGS; EDMOND; MAGEE, 2004).

No Brasil, de acordo com a ANVISA (BRASIL, 2001), as fibras alimentares são definidas como substâncias que não podem ser hidrolisadas pelas enzimas digestivas humanas. Podem ser classificadas quanto a sua solubilidade em fibras solúveis e insolúveis (CHOO *et al.*, 2010). Ambas não são absorvidas pelo intestino delgado, chegam ao intestino grosso sem se degradar e apresentam diversos benefícios à saúde, como prevenção do câncer de intestino, diabetes, hipertensão e doenças cardiovasculares, auxílio na eliminação de gorduras prejudiciais e toxinas do organismo; contribuem para a redução da obesidade por induzirem à saciedade e conseqüentemente a menor ingestão calórica (YANGUILAR *et al.*, 2015).

Na Tabela 2 estão os principais tipos, fontes e ações das fibras alimentares solúveis e insolúveis (ZHANG *et al.*, 2006).

**Tabela 2:** Fibras alimentares: tipos, fontes e ações.

<b>Classificação</b>	<b>Tipos</b>	<b>Fontes</b>	<b>Ações</b>
<b>Fibras Solúveis</b>	Pectina, gomas, mucilagem, beta glucana, hemiceluloses.	Frutas, verduras, cevada, leguminosas (feijão, lentilha, soja, grão de bico).	Retardo na absorção de glicose, mais saciedade, diminuição dos níveis de colesterol sanguíneo, proteção contra câncer de intestino.
<b>Fibras Insolúveis</b>	Lignina, celulose, hemiceluloses.	Verduras, farelo de trigo, cereais integrais (arroz, pão).	Aumento do bolo fecal, estímulo ao bom funcionamento intestinal, prevenção de constipação intestinal.

Fonte: adaptado de Zhang *et al.* (2006).

Estudos apontam que as fibras solúveis aumentam o tempo de trânsito intestinal e reduzem a velocidade da absorção de glicose, enquanto as fibras insolúveis reduzem o tempo de trânsito intestinal e aumentam a capacidade de retenção de água (WANG *et al.*, 2012). As fibras solúveis são compostas principalmente pela pectina, amido resistente, gomas e mucilagem e, são encontradas na aveia, grãos, nozes, sementes, frutas e leguminosas. Essas fibras apresentam maior solubilidade em meio aquoso, significativa capacidade de absorção de água e efeito prebiótico uma vez que são fermentadas pelas bactérias intestinais e posteriormente degradadas no cólon (YANGUILAR *et al.*, 2015).

A ingestão de fibras solúveis aliada a uma dieta pobre em gorduras, contribui para a redução do colesterol sanguíneo, além de regular a glicemia, ou seja, o nível de glicose sanguíneo, sendo recomendada a ingestão das mesmas por pessoas com diabetes ou taxas de

colesterol inadequadas. Fibras insolúveis incluem o grupo das celulosas, ligninas e algumas hemicelulosas, encontradas em vegetais crus, grãos de cereais como o milho, soja e grão-de-bico, além de frutas consumidas com casca, como maçã, pêra e ameixa (OLIVOS-LUGO *et.al* 2016). Essas fibras auxiliam na prevenção de hemorroidas, constipação e outras enfermidades intestinais, pois apresentam efeito mais pronunciado no aumento do bolo fecal, por não serem degradadas no cólon (YANGUILAR *et al.*, 2015).

Alimentos considerados fonte de fibras, como as farinhas produzidas a partir de cascas e frutas como banana, maracujá, melancia, após utilizados na dieta, no preparo de alimentos, como massas, pães, barras de cereal, molhos e em especial bolos. Os bolos são largamente consumidos e na sua maioria possuem altos níveis de açúcar e gordura. Assim, há necessidade de uma substituição de ingredientes como a farinha de trigo refinada e a gordura a fim de tornar alimentos processados mais saudáveis e atender as exigências de consumidores preocupados com a qualidade da alimentação.

### 2.3 CARACTERÍSTICAS DA BANANA VERDE

A banana verde caracteriza-se pelo baixo teor de açúcares e alto teor de amido, que pode variar de 55 a 93 % do teor de sólidos totais e pela adstringência devido aos compostos fenólicos da polpa (RAMOS *et al.*, 2009).

O amido é formado por unidades de polímeros de glicose e é encontrado nas células vegetais sob a forma de grânulos, sendo formado por amilose e amilopectina. A amilose é uma macromolécula linear formada por unidades de D-glicose unidas por ligações tipo  $\alpha$ -1,4, com menos de 0,1% de ramificação (ligações  $\alpha$ -1,6). A molécula de amilose apresenta grau de polimerização entre 500 e 2000 unidades de glicose (BEZERRA *et al.*, 2013). A amilopectina é uma macromolécula ramificada formada por unidades de D-glicose unidas por ligações do tipo  $\alpha$ -1,4 e  $\alpha$ -1,6, sendo esta última responsável pela ramificação da molécula. Apresenta grau de polimerização entre 104 a 105 unidades de glicose e comprimento variável das ramificações, sendo comum a presença de ramificações a cada 20 a 30 unidades de glicose (BELLO-PÉREZ; MONTEALVO; ACEVEDO, 2006b). As diferenças observadas na funcionalidade do amido podem ser atribuídas à morfologia, ao tamanho dos grânulos de amido e sua composição. No estado nativo a molécula de amido apresenta característica insolúvel em água fria e grânulos parcialmente cristalinos. Existe uma variação de tamanhos e formatos que aliadas ao arranjo dos componentes nas regiões amorfas e cristalinas

influenciam fortemente nas propriedades funcionais dos grânulos de amido (BELLO-PÉREZ; MONTEALVO; ACEVEDO, 2006).

O amido de banana verde têm sido alvo de estudos em vários países. Asmar *et al.* (2013) estudaram a produção de amido de banana verde em escala piloto. Araya-Quesada *et al.* (2014) pesquisou a caracterização de amido isolado de banana verde da variedade *Musa paradisiaca*. Tester *et al.* (2004) observaram, por meio do método de microscopia eletrônica de varredura (MEV), que os grânulos de amido de banana verde apresentam uma superfície lisa e densa, aspecto este que pode contribuir para a sua resistência. Os grânulos de amido de banana verde apresentam estrutura que impede a ação das enzimas reduzindo assim, a taxa de hidrólise (IZIDORO, 2009).

Em relação a classificação, o amido pode ser classificado em função da sua estrutura físico-química e da sua susceptibilidade a hidrólise enzimática, conforme o valor da velocidade que o alimento é digerido. O amido é classificado como rapidamente digerível, lentamente digerível ou como amido resistente. O amido é rapidamente digerível ao ser submetido à incubação com  $\alpha$ -amilase pancreática e amiloglicosidase, à 37°C converte-se em glicose em 20 minutos. O amido lentamente digerível quando exposto as mesmas condições citadas anteriormente é digerido entre 20 e 120 minutos. O amido resistente (AR) é aquele que quando exposto à ação das enzimas digestivas apresenta-se resistente a ação enzimática após 120 minutos (BERTOLINI *et al.*, 2010).

Muitos efeitos fisiológicos do AR são similares aos das fibras alimentares. O AR é considerado como a fração do amido e dos produtos de sua degradação que não são absorvidas no intestino delgado de um indivíduo saudável e a sua digestão é afetada por fatores intrínsecos, como a própria estrutura física do amido e extrínsecos, como mastigação, tempo de trânsito intestinal, concentração de enzimas digestivas, pH, quantidade de amido e outros componentes da alimentação. O AR apresenta características de fibra solúvel e é fermentado pelas bactérias da porção distal do cólon (HASLINDA *et al.*, 2009).

O AR é um componente natural da dieta que pode ser encontrado em alimentos como grãos, batata crua e banana verde (PEREIRA, 2007). Este tipo de amido resiste à digestão à medida que passa através do trato gastrointestinal. O efeito benéfico atribuído ao AR é devido à produção dos ácidos graxos de cadeia curta, fato que colabora com o crescente interesse quanto ao seu potencial prebiótico (NUGENT, 2005).

O AR da banana verde não é digerido no intestino delgado e é utilizado como substrato para fermentação pelas bactérias anaeróbicas do cólon, produzindo efeitos benéficos atribuídos à fibra alimentar (CARMO *et al.*, 2015).

Os grânulos dos amidos presentes na banana foram estudados por Muyonga *et al.* (2001) que verificaram que a composição química corresponde, em base seca, a 0,10 % de proteínas, 0,58 % de lipídeos, 0,06 % de fibras, 0,04 % de cinzas, 19,20 % de amilose e 49,61 % de AR.

Conforme a resistência apresentada à digestão, o amido resistente pode ser classificado em cinco tipos, sendo eles: amido fisicamente inacessível (AR1), grânulos de amido resistente (AR2), amido retrogradado (AR3), amido modificado (AR4) e complexo amilose-lipídeo (AR5) (TESTER *et al.*, 2004).

AR1 é aquele em que a estrutura do alimento pode impedir o acesso da amilase pancreática e assim dificultar a digestão do amido. O AR1 pode ocorrer quando o AR estiver intrínseco em uma estrutura densamente empacotada da planta ou em estruturas onde as paredes celulares podem inibir e dificultar a dispersão do AR (MUYONGA *et al.*, 2001).

O AR2 refere-se ao tipo de polimorfismo que o grânulo de amido apresenta, pode ser denominado tipo A, B ou C. No tipo A, as moléculas de amilopectina de cereais apresentam uma cadeia curta, com menos de 20 unidades de glicose e favorecem a formação de polímeros cristalinos. No tipo B, as moléculas de amido de vegetais, tubérculos e frutos, como a banana, apresentam cadeias externas maiores de amilopectina, mais de 22 unidades de glicose, favorecendo a formação de polímeros denominados B. Por sua vez, o polímero tipo C é considerado um intermediário entre os tipos A e B, sendo característico de amido de legumes e sementes (TESTER *et al.*, 2004).

O AR3 consiste no amido que é submetido ao processo de retrogradação, no qual o amido é tratado com calor e umidade, resultando no rompimento e gelatinização da estrutura do grânulo nativo, tornando-o digerível. Após resfriamento, o amido gelatinizado retorna a uma estrutura parcialmente cristalina, insolúvel e resistente à digestão enzimática, porém diferente da inicial. A amilose tem maior relevância que a amilopectina no processo de retrogradação do amido (TESTER *et al.*, 2004).

Com o objetivo de atender necessidades específicas da indústria de alimentos, produtos derivados do amido estão em desenvolvimento, como amidos substituídos quimicamente com grupamentos ésteres, fosfatos e éteres, bem como amidos com ligações cruzadas. Tais amidos modificados caracterizam o amido AR4, também descrito como amido modificado. Modificações como conversão, substituição e ligações cruzadas podem dificultar

a digestão por bloquear o acesso das enzimas e formar ligações atípicas (FUENTES-ZARAGOZA *et al.*, 2011; NUGENT, 2005; SAJILATA *et al.*, 2006).

A amilose pode se complexar com lipídeos, formando estrutura rígida, que restringe a expansão dos grânulos de amido durante o processo de cocção. O complexo amilose-lipídeo, resistente à hidrólise enzimática, caracteriza o AR5, amido do complexo amilose-lipídeo (FUENTES-ZARAGOZA *et al.*, 2011; HASJIM *et al.*, 2010).

Aplicações de amidos resistentes são apropriadas para a maioria dos produtos com baixa umidade. Muitos produtos de panificação e cereais são conhecidos como fonte de fibras e outros, como *muffins* e *brownies*, não são considerados normalmente como alimentação saudável. Entretanto, esses produtos podem ser preparados com AR como fonte de fibras, o que aumenta seu valor nutricional. Estudos têm mostrado que a utilização de AR mantém os produtos com características organolépticas melhores do que fontes de fibras convencionais. Em *brownies*, bolos e *cookies*, os ARs proporcionam textura suave, mantida durante a vida útil do produto (MARTINEZ *et al.*, 2009).

Em bananas verdes são encontrados amidos do tipo AR1 e AR2, e na biomassa de banana verde e nas farinhas de bananas verde são encontrados amidos do tipo AR1, AR2 e AR3. Durante o amadurecimento, ocorre a hidrólise do amido e o acúmulo de açúcares solúveis, a redução da adstringência e o amaciamento da polpa. Paralelamente, na casca observa-se o amarelecimento originado pela degradação da clorofila, pigmento que confere a cor verde e o aparecimento e a síntese dos pigmentos responsáveis pela cor amarela (CARMO *et al.*, 2015).

A banana além de ser um alimento energético é fonte de minerais como: potássio, manganês, iodo, zinco e vitaminas do complexo B (B1, B2, B6 e niacina), vitamina C e ácido fólico. Possui pequenas quantidades de proteínas como albumina e globulina em comparação com os aminoácidos livres: asparagina, glutamina e histidina (CARMO *et al.*, 2015).

### 2.3.1 Produção mundial e consumo

Nutritiva, acessível à maioria da população e disponível o ano todo, a banana é o quarto produto alimentar mais consumido no mundo na sua forma *in natura* (SEGUNDO *et al.*, 2017). Além disso, a facilidade de propagação e o manejo fazem com que esta fruta seja a mais comercializada mundialmente, apresentando relevância econômica e social nas regiões tropicais (RANIERI *et al.*, 2018).

As bananeiras atingem de 2,20 a 3,20 m de altura. Produzem cachos de porte médio e grande, de forma cilíndrica, pesando entre 15 e 45 kg e medindo de 0,50 a 1,20 m de comprimento. O fruto pode ser médio ou grande, entre 18 e 24 cm. Os cultivares comerciais de banana são híbridos de duas espécies: a *Musa acuminata* (genoma A) e a *Musa balbisiana* (genoma B). A nomenclatura do genoma estabelece os grupos varietais que agrupam cultivares de características semelhantes (VERNAZA *et al.*, 2011).

A banana é uma fruta de padrão respiratório climatérico, caracterizado pelo aumento da taxa respiratória e da produção do etileno durante o climatério. Assim, pode ser colhida antes do completo amadurecimento. É na fase do climatério que se iniciam as principais alterações sensoriais da fruta, tais como pigmentação amarela da casca, amaciamento da polpa e alterações de sabor e aroma, que se tornam característicos da fruta madura (ZHANG *et al.*, 2012).

A temperatura ótima para o desenvolvimento normal das bananeiras comerciais situa-se em torno de 28 °C, sendo a faixa de 15 °C a 35 °C os limites extremos para a exploração racional da cultura (BEZZERA *et al.*, 2013).

Bananeiras são plantas cultivadas no Brasil em uma área de cerca de 4,8 milhões de hectares. Segundo dados da FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), as variedades mais cultivadas são a *Musa acuminata* (genoma A) e a *Musa balbisiana* (genoma B). Em 2017 as exportações mundiais de banana cresceram em 18,1 milhões de toneladas, cerca de 4 % em relação a 2015 e 2016. Os países da América Latina são os que mais exportam a fruta para o mundo, com cerca de 15,4 milhões de toneladas no ano de 2017, sendo que os maiores exportadores são Guatemala, Equador, Costa Rica, Colômbia e Brasil (FAO, 2017).

As bananas são produzidas predominantemente na Ásia, América Latina e África. Os maiores produtores são a Índia, que produziu 29 milhões de toneladas por ano, em média, entre 2010 e 2015, e a China, com 11 milhões de toneladas no mesmo período. A produção nos dois países atende principalmente o mercado interno. Outros grandes produtores são as Filipinas, com uma média anual de 9 milhões de toneladas entre 2010 e 2015, o Equador, Colômbia e o Brasil, ambos em uma média de 7 milhões de toneladas destinadas principalmente à exportação (FAO, 2017). O Brasil é o quarto produtor mundial e sua produção, de 7,1 milhões de toneladas de banana, é praticamente destinada ao consumo interno (FAO, 2017).

Aproximadamente 5,5 milhões de hectares de terra são dedicados à produção de banana em todo o mundo, de acordo com os dados mais recentes disponíveis de 2015

(FAOSTAT, 2015). A rápida expansão da indústria da banana é evidente na evolução da área colhida ao longo do tempo, que atingiu 3,6 milhões de hectares em 1993 e 4,6 milhões de hectares em 2000 (FAOSTAT, 2015).

A fim de atender a demanda crescente, os países produtores aumentaram principalmente a área colhida. Também houve melhoria da produtividade no nível da fazenda, envolvendo melhores sistemas de irrigação, mas também uma aplicação substancialmente maior de fertilizantes, medidas fitossanitárias e pesticidas, permitiram o crescimento da produção. A Índia e a China estão entre os países que impulsionaram a maior expansão de produção nos últimos anos, em resposta ao rápido crescimento da demanda doméstica. Entre 2000 e 2015, a Índia e a China quase dobraram sua área colhida e atingiram um aumento de 24 % e 53 %, respectivamente (EVANS; BALLEEN, 2012).

Os custos de produção de banana incluem principalmente custos de mão-de-obra, gastos com fertilizantes e custos de controle fitossanitário e uso de pesticidas. Por exemplo, os custos de produção para as bananas comercializadas no Equador, um dos maiores produtores de bananas, são de 38 % de mão-de-obra direta e indireta, 40 % agrotóxicos e outros insumos, 7 % transporte e o restante para materiais, serviços gerais, equipamentos entre outros (EVANS; BALLEEN, 2012).

As importações da fruta cresceram 2 % na União Europeia e 3 % nos Estados Unidos em 2017 sendo estes os maiores importadores de banana (FAO, 2018). Os Estados Unidos importaram cerca de 4,7 milhões de toneladas neste período, ou seja, 27 % da importação mundial. A União Europeia importou 5,5 milhões de toneladas, cerca de 31 % do volume mundial, dado este justificado pela crescente conscientização sobre a saúde nos principais países importadores, aumento da renda em países, como a Polônia, a Eslováquia e a Estônia, além dos principais mercados de banana da Alemanha, França e no Reino Unido, buscarem produtos diferenciados como variedades orgânicas (FAO, 2017).

Contudo, cerca de 60 % da produção de banana que não se encaixa nos padrões considerados adequados à comercialização é descartada (OLIVEIRA *et al.*, 2014). Grande parte da produção é perdida na própria plantação, pois dependendo da safra o preço é irrisório e nem sempre compensa a sua colheita (VALLE, 2006). Outra parte dos frutos verdes se perde nos galpões de estocagem e é descartada por estar fora do padrão estabelecido pelo mercado (OLIVEIRA *et al.*, 2014). Uma alternativa de aproveitamento do fruto da banana verde é a produção de farinha.

### 2.3.2 Farinha de banana verde: usos e produção

Segundo Borges *et al.* (2009), a farinha de banana verde é fonte de potássio, fósforo, magnésio, cobre, manganês e zinco, proteína e fibras quando comparada aos demais tipos de farinhas existentes no mercado. Embora haja uma grande resistência por parte da população no consumo de produtos ainda verdes, a banana verde, na forma de biomassa ou farinha, possui diversas aplicações, pode ser utilizada em panificação, confeitaria, alimentos infantis e produtos dietéticos (RANIERI; DELANI, 2018). A polpa da banana quando verde não apresenta sabor e se caracteriza por forte adstringência devido à grande quantidade de compostos fenólicos solúveis, principalmente taninos. Com o amadurecimento da fruta, estes compostos sofrem polimerização diminuindo a adstringência e aumentando sua doçura. A banana verde, quando cozida, possui atividade como prebiótico, sendo considerada um alimento funcional (RANIERI; DELANI, 2018).

Entre os diversos estudos sobre a FBV com o objetivo de caracterização e aplicação em produtos alimentícios, a liofilização, a secagem em bandejas, em estufa com circulação de ar forçado, secagem em tambor rotativo e em *spray dryer* podem ser empregados na produção de FBV. As temperaturas empregadas variam de 50 °C a 70 °C e os tempos de 3 a 24 horas (AGAMA-ACEVEDO *et al.*, 2009; ODENIGBO *et al.*, 2013).

O secador de bandejas é um secador de pequena escala que consiste basicamente de uma câmara com isolamento térmico apropriado e com sistemas de aquecimento e ventilação do ar circulante sobre as bandejas e através delas. Dependendo do material a ser desidratado, as bandejas são carregadas à razão de 6 a 10 kg / m<sup>2</sup> de área de bandeja e o ar aquecido circula por meio de ventilador a velocidades que variam de 1 a 10 m / s (PACHECO-DELAHAYE *et al.*, 2008).

Na secagem de líquidos ou purês, uma técnica que pode ser empregada é a secagem em tambor rotativo. O equipamento é constituído de um ou dois cilindros aquecidos por meio de circulação interna de vapor que podem girar a velocidades variáveis e o produto é aplicado sobre sua superfície de modo a formar uma fina película. À medida que o cilindro gira, o produto seca e é raspado da superfície do cilindro por uma faca, quando já se encontra seco. Outro método de secagem é o *spray dryer* que se caracteriza pela secagem da amostra líquida após a passagem por um atomizador em sistema com ar aquecido e necessita curto tempo de secagem (1 a 10 minutos), o que preserva o produto contra o aumento excessivo da temperatura (PACHECO-DELAHAYE *et al.*, 2008).

A liofilização é o processo de secagem no qual a água é removida de um alimento congelado por sublimação e apresenta como vantagens o mínimo encolhimento, a rápida reidratação devido à estrutura porosa do produto e a elevada retenção de compostos voláteis que conferem o sabor e o aroma dos alimentos. Como a secagem é feita a baixas temperaturas, a degradação térmica dos nutrientes é mínima e o produto obtido apresenta elevada qualidade nutricional. Por tratar-se de um processo que requer alto investimento, com custos de operação e de manutenção também elevados, tal processo é justificável somente para alimentos de alto valor agregado ou para produtos termossensíveis (PACHECO-DELAHAYE *et al.*, 2008).

O aproveitamento da polpa e da casca de banana verde para a produção de farinha foi estudado por Bertolini *et al.* (2010). Os autores reportaram que a farinha de polpa de banana apresentou maiores valores de viscosidade do que a farinha de casca, 347,00 RVU e 121,00 RVU, respectivamente, que pode ser atribuído aos maiores teores de fibra e menor teor de amido presentes nas farinhas de casca de banana quando comparadas com a polpa de banana. Também o fato de as fibras competirem com o amido na absorção de água, resultando em menor viscosidade da farinha da casca de banana. As amostras de farinha de casca apresentam maiores teores de fitoesteróis (89,9–105,0 mg / 100 g de matéria seca) em relação a farinha da polpa (5,4-15,6 mg / 100 g de matéria seca), conforme Bertolini *et al.* (2010).

Pães formulados com FBV (65,08 %) apresentaram menor índice glicêmico que o pão controle (81,88 %), sugerindo que este produto pode ser utilizado como alternativa para alimentação de indivíduos que apresentam dieta com restrição calórica. Além disso, os autores reportaram um aumento significativo dos teores de umidade de 13,70 % para 26,60 %, proteínas de 4,10 % para 9,80 %, amido total de 59,40 % para 63,10 %, amido resistente de 1,00 % para 6,70 % e fibra dietética de 2,30 % para 5,10 %, quando comparado ao controle com 100 % de farinha de trigo (JUAREZ-GARCIA *et al.*, 2006).

O macarrão formulado com FBV também apresentou redução do índice glicêmico de 52,90 % para 32,10 % e aumento da digestibilidade de carboidratos de 37,60 % para 49,20 % (SAIFULLAH *et al.*, 2009; CHOO; AZIZ, 2010). Além disso, as amostras adicionadas de FBV não apresentaram diferenças significativas na aceitação sensorial em comparação às amostras controle. No estudo desenvolvido por Vernaza *et al.* (2011), observou-se redução dos teores de gordura de 22,38 % para 21,42 % e aumento no teor de amido resistente de 2,13 % para 45,70 % nas amostras de macarrão instantâneo adicionadas de FBV. Outro estudo desenvolveu macarrão sem glúten com farinha de banana verde e obteve 84,5 % de aceitação

sensorial para provadores celíacos (ZANDONADI *et al.*, 2012). Ovando-Martinez *et al.* (2009) verificou que a adição de 45 % de FBV aumentou os teores de amido total de 72,32 % para 78,90 %, amido resistente de 1,11 % para 11,42 %, de compostos fenólicos de 1,13 % para 1,68 % e a atividade antioxidante de espaguete de 1,95 % para 14,27 %.

Em biscoito tipo *snacks*, Wang *et al.* (2012) reportaram que a adição de FBV melhorou o valor nutricional, destacando-se os teores de fibra de 0,02 % para 6,30 %, minerais como potássio de 1,60 % para 53,83 % e a capacidade antioxidante das amostras de 4,56 % para 70,78 %. A utilização da FBV também foi testada em produtos cárneos, na formulação de *nuggets* de frango por Kumar *et al.* (2013). Os autores destacaram que não foi observada diferença sensorial significativa entre a aceitação global, o aroma, a aparência, a textura e a suculência do controle e das amostras de *nuggets* formuladas com até 3 % de FBV. Alguns estudos têm relatado que o uso da FBV não tem afetado a qualidade microbiológica (BORGES *et al.*, 2010) e sensorial dos produtos (CHOO; AZIZ, 2010; FASOLIN *et al.*, 2007; ZANDONADI *et al.*, 2012).

Biscoitos tipo *cookies*, formulados com substituição parcial da farinha de trigo por FBV foram desenvolvidos por Fasolin *et al.* (2007). O teste de aceitação dos biscoitos indicou que não houve diferença significativa entre as formulações e o controle, com exceção para o biscoito com 30% de FBV, que apresentou menor aceitação entre as crianças. Biscoitos formulados com diferentes porcentagens de FBV apresentaram redução do índice glicêmico de 116,80 % para 98,60 %, com redução da absorção de glicose, o que pode ser indicado para compor a dieta, principalmente de indivíduos diabéticos e obesos (AGAMA-ACEVEDO *et al.*, 2012). Segundo *et al.* (2017) e Souza *et al.* (2018) ao substituir a farinha de trigo pela FBV em bolos aumentaram o teor de compostos fenólicos de 30 % para 50 %, amido resistente de 0,50 % para 2,50 %, fibra dietética de 0,30 % para 1,30 % e a capacidade antioxidante dos bolos em 50 %.

Assim, observa-se a potencial aplicação da FBV no enriquecimento nutricional de diversos produtos alimentícios.

## 2.4 SUBSTITUINTES DE GORDURA

### 2.4.1 Características gerais

A gordura é um macronutriente de grande importância na alimentação humana devido as suas propriedades nutricionais, funcionais e organolépticas. É vital para o metabolismo do

organismo humano, pois fornece ácidos graxos essenciais necessários à estrutura das membranas celulares e também serve como transportadora das vitaminas lipossolúveis A, D, E e K (TALUKDER; SHARMA, 2010).

Quimicamente, as gorduras são sintetizadas pela união de três ácidos graxos a uma molécula de glicerol, formando um triéster. São chamadas de triglicerídios, triglicérides ou também de triacilgliceróis. Podem ser sólidas ou líquidas em temperatura ambiente, dependendo da sua estrutura e da sua composição (TALUKDER e SHARMA, 2010). Usualmente, o termo “gordura” se refere aos triglicerídios em seu estado sólido, enquanto que o termo óleo, aos triglicerídios no estado líquido. O nível de gordura determina as características nutricionais, físicas, químicas e sensoriais dos alimentos. Fisiologicamente, as gorduras têm três funções básicas nos alimentos: agem como fonte de ácidos graxos essenciais (ácidos linolênico e linoléico); são veículos de transporte para as vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K) e são fonte importante de energia (TALUKDER; SHARMA, 2010).

As gorduras têm uma função importante na determinação de quatro características sensoriais de produtos alimentícios: a aparência, a textura, o sabor e o *mouthfeel*, ou seja, o derretimento, cremosidade, lubricidade e espessura. Assim, a redução de gordura em produtos alimentícios deve levar em consideração o seu papel multifuncional, particularmente, sua presença na matriz do alimento. Este papel é fator determinante de suas propriedades químicas, físicas e sensoriais, bem como de suas características de processamento (FAMAKIN *et al.*, 2016).

A gordura também afeta as propriedades sensoriais, físicas e químicas do produto, especialmente a estabilidade ao calor, a viscosidade, a cristalização, propriedades de aeração, a sensibilidade a quebra/corte, a pegajosidade, a migração e dispersão e a estabilidade de armazenamento, que pode incluir a estabilidade física (propriedades de emulsificação, migração ou separação de gordura); a estabilidade química (rançidez ou oxidação) e a estabilidade microbiológica (atividade de água e segurança alimentar) (FAMAKIN *et al.*, 2016).

Apesar da sua importância na saúde, a gordura tem sido associada a doenças cardiovasculares, alguns tipos de câncer, diabetes e expectativa de vida mais curta, que por sua vez são correlacionadas estatisticamente com a obesidade. A fim de satisfazer a necessidade dos consumidores por produtos com sabor e textura agradáveis e, ao mesmo tempo, reduzir as calorias e tornar os produtos nutritivos e saudáveis, têm-se desenvolvido

numerosos substitutos de gordura, os quais contribuem com menos calorias nas formulações de alimentos sem alterar o sabor, a viscosidade e outras propriedades organolépticas da gordura (FAMAKIN *et al.*, 2016).

Durante anos, diferentes termos têm sido utilizados para ingredientes desenvolvidos especificamente para substituição de gorduras em alimentos. Inicialmente, o termo substituto de gordura foi usado para todos os ingredientes, indiferentemente da extensão na qual o ingrediente era capaz de substituir a gordura e dos princípios que determinam a sua funcionalidade (BEZERRA *et al.*, 2013).

Segundo Bezerra *et al.* (2013), o principal interesse científico estava direcionado para o descobrimento de um ingrediente capaz de substituir completamente a gordura em todos os sistemas alimentícios. O ingrediente ideal precisaria ter a estrutura química e as propriedades físicas semelhantes às da gordura, mas deveria ser resistente à hidrólise pelas enzimas digestivas.

A classificação proposta por Roller e Jones (1996) apresenta uma visão compreensiva das categorias de ingredientes que podem ser consideradas no desenvolvimento de produtos com baixo teor de gordura, inclusive os sintéticos (MUÑOZ *et al.*, 2012). A lista é baseada parcialmente na composição química e na funcionalidade dos ingredientes e inclui a combinação dos mesmos. São eles:

- a) Substitutos de gordura derivados do amido: amidos modificados de mandioca, batata, milho e arroz;
- b) Substitutos de gordura baseados em fibras: celulose microcristalina, hemiceluloses,  $\beta$ -glucanas, inulina e fibras vegetais;
- c) Substitutos de gordura baseados em proteínas: soro do leite, ovo e soja;
- d) Gomas, géis e espessantes: goma guar, goma xantana e carragena;
- e) Emulsificantes: mono e diglicerídeos;
- f) Agentes de corpo (*bulking agents*): poliálcoois e polidextroses;
- g) Gorduras de baixa caloria: triglicerídeos de cadeia média;
- h) Extensores de gordura: emulsões de óleos vegetais.

Existem muitas alternativas disponíveis para substituição ou redução da gordura em alimentos. O conteúdo de gordura de um produto pode ser diminuído substituindo-o, total ou parcialmente, por um componente menos energético. O modo clássico é utilizar agentes espessantes, porém, há o inconveniente destes produtos serem considerados aditivos. Vários

substitutos de gordura têm sido desenvolvidos. Tais produtos devem ter analogia funcional às gorduras que substituem, serem livres de efeitos tóxicos e não produzirem metabólitos diferentes daqueles produzidos pela gordura convencional, ou serem completamente eliminados do organismo. Os substitutos de gordura podem ser classificados em três categorias principais: baseados em proteínas, baseados em carboidratos e compostos sintéticos. Existem outras categorias além das citadas, como por exemplo, substitutos baseados em gorduras de compostos hidrossolúveis, ou ainda, hidrocolóides, grupo onde a maioria dos substitutos se enquadra, com exceção dos compostos sintéticos e emulsificantes (FAMAKIN *et al.*, 2016).

É desejável que um produto com redução de gordura, quando comparado com o produto padrão, não apresente diferenças de qualidade impactantes sob os pontos de vista das indústrias, dos comerciantes e dos consumidores. As propriedades sensoriais dos produtos com redução de gordura determinam o sucesso ou o fracasso do produto diante dos consumidores. O posicionamento de um produto em particular na dieta, em princípio, determinará o nível de redução de gordura requerido através de uma decisão mercadológica (TOKUSOGLU; ÜNAL, 2003).

Implicações microbiológicas também devem ser consideradas no uso de substitutos de gordura. Uma redução do teor de gordura na formulação é usualmente associada com uma simultânea elevação do percentual de umidade, que também pode afetar a estabilidade microbiológica. Entretanto, por esta razão, a avaliação da atividade de água continua sendo um método básico de determinação da estabilidade microbiológica (MUÑOZ *et al.*, 2012).

O custo dos ingredientes utilizados para substituir gordura é outro importante fator no desenvolvimento de produtos com baixo teor de gordura. A curto prazo os custos iniciais dos substitutos de gordura são elevados, contudo a competitividade e a produção em larga escala têm contribuído na redução dos mesmos. Além disso, o aditivo necessita ter uma clara vantagem de desempenho sobre as alternativas já existentes. A avaliação isolada do custo não deve ser considerada como um parâmetro de decisão. Muitas vezes, o uso de um substituto de baixo custo implica em uma alteração de algum outro ingrediente da formulação que possa interferir negativamente no custo final do produto (MUÑOZ *et al.*, 2012).

#### 2.4.2 Semente de chia como substituinte de gordura

As sementes de chia (*Salvia hispanica L.*) foram um importante alimento básico para mesoamericanos em tempos pré-colombianos (REYES *et al.*, 2008), sendo consumidas principalmente pelos maias e astecas para aumentar a resistência física (AYERZA; COATES, 2005). Além do valor nutritivo, a chia apresenta grande capacidade para reter água e óleo, características que fazem dela um potencial aditivo para produtos panificados e como emulsificante alimentar (OLIVOS-LUGO *et al.*, 2010).

As sementes de chia possuem uma quantidade significativa de lipídios (cerca de 40% do peso total da semente, cerca de 60% como ômega-3) e também fibra dietética (mais de 30% do peso total), ambos componentes importantes da dieta humana e proteínas de elevado valor biológico (cerca de 19% do peso total). Além disso, contém minerais, vitaminas e antioxidantes naturais como tocoferóis (238-427 mg.kg<sup>-1</sup>) e polifenóis, sendo os principais compostos fenólicos o ácido clorogênico, ácido cafeico, quercetina e o kaempferol (IXTAINA *et al.*, 2011). Esses compostos são importantes na prevenção de doenças cardiovasculares e certos tipos de câncer (AYERZA e COATES, 2004).

A semente de chia possui elevado valor nutricional: 25 % proteínas, 35 % lipídios, sendo 79,47 % ácidos graxos poliinsaturados, 30 % fibras, sendo 5,7 % insolúveis e 24,3 % solúveis (IXTAINA *et al.*, 2014). As sementes de chia contêm 5 % - 6 % de mucilagem, que pode ser utilizada como fibra dietética (PIZARRO *et al.*, 2013). O teor lipídico confere propriedades emulsificantes e as fibras capacidade de retenção de água e ação gelificante para a semente de chia que, quando mergulhada em água, exsuda um gel transparente mucilaginoso (IXTAINA *et al.*, 2014). Agentes gelificantes tem influência na textura, na aparência e na sensação residual, além de ter implicações nas interações sinérgicas entre os diversos ingredientes do alimento (PIZARRO *et al.*, 2013).

Quando mergulhadas em água, as sementes de chia exsudam um gel transparente mucilaginoso que permanece firmemente ligado à semente. No epicarpo da semente encontram-se células que produzem mucilagem quando umedecidas. Ao entrar em contato com a água, o epicarpo incha, a cutícula se rompe e o conteúdo das células é liberado como mucilagem circundando toda a superfície da semente (IXTAINA *et al.*, 2010). Esse gel é composto essencialmente por fibras solúveis que contribuem para a estabilidade da estrutura de produtos alimentícios, em especial, dispersões e emulsões presentes em sobremesas, bebidas, pães, geleias, maioneses, biscoitos, barras de cereais, iogurtes e molhos (OLIVOS-LUGO *et al.*, 2016).

A mucilagem de chia é um polissacarídeo útil como fibra solúvel e dietética. Além disso, Capitani *et al.* (2012) afirmaram que as frações fibrosas de chia evidenciam uma grande

capacidade de reter e absorver água, assim podem ser utilizadas como agentes emulsificantes e estabilizantes de emulsões. O consumo dessa fibra dietética pode ser importante para melhorar a saúde humana. Em 1996, a semente de chia foi descrita pela FAO como uma fonte potencial de goma polissacarídica devido às suas excepcionais propriedades mucilaginosas em solução aquosa e baixa concentração (MUÑOZ *et al.*, 2012).

## 2.5 INGREDIENTES NA PRODUÇÃO DE BOLOS

### 2.5.1 Cacau

O uso de cacau em produtos de panificação promove mudanças desejáveis no sabor e na aceitação sensorial. Além disso, o cacau possui compostos benéficos à saúde, como antioxidantes que auxiliam na redução do processo oxidativo. Também é um ingrediente muito apreciado pela maioria da população e pode ser adicionado aos alimentos por conferir sabor diferenciado ao produto (OLIVOS-LUGO *et al.*, 2010).

O cacau possui uma composição química única, com mais de 500 compostos, dentre os quais se destacam as metilxantinas. Classificadas como alcaloides purínicos, são consideradas substâncias estimulantes, e as encontradas no cacau são: teobromina, em maior concentração, seguida da cafeína (OLIVOS-LUGO *et al.*, 2010).

A cafeína (1,3,7-trimetilxantina) é a mais comum, sendo encontrada principalmente em chás, cafés, produtos de cacau e bebidas à base de cola. Seus efeitos fisiológicos na saúde humana incluem estimulação do sistema nervoso central, dos músculos cardíacos, do sistema respiratório e da secreção de ácido gástrico. Também é considerada como um diurético fraco e relaxante muscular. A teobromina (3,7 dimetilxantina) encontrada no cacau tem ação diurética (EFRAIM, 2004).

### 2.5.2 Açúcar, ingredientes líquidos, ovos e fermento

O açúcar mais utilizado em bolos é a sacarose. Além de seu poder adoçante e do sabor agradável, a sacarose contribui para a aparência, a textura, o sabor e a estabilidade dos produtos de confeitaria. A ausência de açúcar em produtos processados que normalmente o contêm em quantidades elevadas, altera a retenção de umidade e diversas características, como sabor, textura, cor e aroma (PIZZARO *et al.*, 2013).

Nos açúcares, em seu estado cristalino, quando aquecidos à temperatura acima de 100 °C, uma série de reações complexas se processam, dando origem a uma ampla variedade de compostos aromatizantes, bem como pigmentos escuros associados à caramelização e à torrefação. O açúcar, quando adicionado em formulações de bolos, contribui para a maciez e favorece a retenção de menor quantidade de ar e mais líquido nos produtos de confeitaria e panificação. A sacarose faz com que os cristais de gordura se agreguem e possibilita um maior aprisionamento das bolhas de ar dentro da massa durante o aquecimento. Como resultado, os bolos melhoram a textura, a granulosidade e se tornam mais leves (DEMIRKESEN *et al.*, 2010).

Bolos formulados com alta quantidade de açúcar apresentam tendência de não reduzir o volume durante o forneamento. Quando processados com pouca quantidade de açúcar, os contornos ficam mais arredondados. Bolos com misturas contendo grande proporção de açúcar e maior tempo de agitação da massa, em geral aumentam seu volume; e com pouca agitação da massa reduzem seu volume (DEMIRKESEN *et al.*, 2010).

Além disso, o açúcar possui características importantes para aumentar a fluidez da massa. Os principais açúcares que desempenham essa função quando utilizados em bolos são: açúcar de cana (sacarose), açúcar do leite (lactose), açúcar do malte (maltose) e açúcar de frutas (frutose). Os açúcares, além de melhorar o desenvolvimento do fermento, influenciam no aumento do volume dos bolos (ESTELLER *et al.*, 2004).

Os líquidos mais usados são a água, o leite e os sucos de frutas; eles promovem o desenvolvimento do glúten e juntamente com a elevação da temperatura, a gelatinização do amido. Pela cocção, parte da água é absorvida pelo amido e outra parte transforma-se em vapor, facilitando a aeração da massa. O leite e a gordura presente nele conferem melhor aparência ao produto final; as proteínas contribuem para a maciez e para umidade. O sal altera a consistência da massa e aumenta o valor nutritivo do produto. O leite auxilia na estrutura e textura da massa, melhora o desenvolvimento do sabor, aumenta a maciez do miolo, permite maior retenção de umidade e melhor coloração da casca. O leite contém sólidos que tem como objetivo dar estrutura e rigidez ao bolo, além de servir como elemento para reter a umidade. Os sólidos do leite têm efeitos semelhantes aos da proteína da farinha de trigo, confere rigidez e também colabora no fornecimento de aroma ao bolo, contribui para a coloração da crosta (BITTANTE *et al.*, 2012).

Os ovos são muito usados na produção de bolos por suas propriedades nutricionais e funcionais para o produto. O ovo inteiro contém 74% de água, 13% de proteína e 11% de gordura. Possui propriedades funcionais, como a capacidade de formar espuma, atuar como

emulsificante e contribui para estrutura e volume do bolo após o aquecimento. O efeito da adição de ovos nas massas varia conforme o tipo de produto. Quanto à sua adição em bolos, também influencia no aumento da umidade. A fração proteica das albuminas contribui para formar espuma, incorporar e estabilizar o ar em forma de bolhas. A gema age como umectante, melhora a maciez e possui ação emulsificante (WILDERJANS *et al.*, 2010).

Os agentes de crescimentos para bolos são os fermentos químicos responsáveis pela formação de dióxido de carbono, resultando em produtos de estrutura desejada, sabor e volume adequado. Essas características são resultantes do vapor formado durante o aquecimento no forno e a umidade nas camadas da massa. Durante a fermentação química um ou mais ácidos reagem com uma fonte de bicarbonato, favorecendo a liberação de CO<sub>2</sub> para aeração da massa. O tempo de mistura na fermentação química em relação à biológica tem mais vantagens por não depender do crescimento de leveduras que são sensíveis a altas temperaturas (DEMIRKESEN *et al.*, 2010).

O fermento em pó é um ingrediente essencial para o crescimento e desenvolvimento da massa durante o aquecimento. A quantidade de fermento a ser adicionada a uma mistura é muito importante, pois evita produtos desuniformes e de qualidade inferior. O excesso de fermento é, muitas vezes, mais prejudicial do que a sua falta. Quando empregado em excesso, prejudica o crescimento da massa, o que resulta em bolos com distribuição desuniforme de bolhas de ar, massa com estrutura, volume, granulometria e crescimento irregular. Também pode haver uma ruptura nas células, aparecimento de fendas na superfície ou no interior dos bolos, miolo escuro e sabor salgado ou estranho. O emprego de pouco fermento em pó, ao contrário, propicia a formação de um produto denso, de estrutura pesada e com pouco desenvolvimento de volume (DEMIRKESEN *et al.*, 2010).

## 2.6 CONCLUSÃO

A preocupação e a necessidade da população em consumir alimentos com maior valor nutritivo, com quantidade de gordura reduzida ou isentos de determinados ingredientes como açúcar, faz com que indústrias alimentícias e pesquisadores busquem alternativas que contemplem estas necessidades. A substituição de ingredientes convencionais por outros com maior teor de fibras, vitaminas e antioxidantes está aliada ao desejo dos consumidores por alimentos que sejam benéficos à saúde.

Desta forma, a inclusão de ingredientes como a FBV, fonte de amido resistente, que age no organismo como fibra alimentar, e a semente da chia que, quando em contato com a água forma um gel e contribui para a estabilidade da estrutura de produtos alimentícios, em especial, dispersões e emulsões, são promissoras alternativas para o desenvolvimento de novos produtos, além de substituição e modificação de produtos já existentes, atendendo a produção de alimentos mais saudáveis.

### **3 IMPACTO DO USO DE FARINHA DE BANANA VERDE E CHIA HIDRATADA NA PRODUÇÃO DE BOLOS DE CHOCOLATE COM BAIXO TEOR DE GORDURA E RICOS EM FIBRA**

#### **3.1 INTRODUÇÃO**

A falta de uma alimentação saudável é considerada o principal fator de risco para as doenças crônicas, que aumentam a cada ano e representam cerca de 65% das mortes em todo mundo, além de questões como excesso de peso, diabetes e problemas cardiovasculares (SCHEEN; VAN GAAL, 2014).

A fim de melhorar a saúde e a qualidade de vida, a Organização Mundial de Saúde publicou a Estratégia Global para a Promoção da Alimentação Saudável, Atividade Física e Saúde. Entre as estratégias propostas está a identificação de alimentos ou ingredientes que são fontes de açúcar e gordura para o consumo humano. O objetivo é mostrar que populações que consomem dietas com teor elevado de açúcar e gorduras saturadas tendem a apresentar excesso de peso, altos níveis de colesterol, maior prevalência de diabetes, doença coronariana e cardíaca (DHAKA *et al.*, 2011; MICHAS *et al.*, 2014; HUNG *et al.*, 2016;). Entre os produtos mais consumidos destacam-se os de panificação e confeitaria, especialmente bolos, que podem ser classificados como alimentos não saudáveis devido ao seu elevado conteúdo de açúcar e de gordura (SCHIRMER *et al.*, 2012).

Bolos são produtos assados consumidos amplamente, sendo o consumo global de bolo estimado em cerca de 4.500.000 toneladas por ano. No Brasil, o consumo é de cerca de 33 mil toneladas de bolos por ano (ABIMAPI, 2018). Contudo, o interesse pela nutrição e a preocupação com a melhoria da qualidade de vida, tem impulsionado o consumidor a buscar uma alimentação mais saudável, com redução na ingestão de gorduras, açúcar e calorias.

A redução dos níveis de gordura e açúcar em bolos é desejável, mas pode afetar suas propriedades tecnológicas e sensoriais. Estudos utilizando substituintes de gordura, açúcar e farinha para produtos de panificação têm sido realizados (MARTÍNEZ-CERVERA *et al.*, 2011; ODENIGBO, 2013; SEGUNDO *et al.*, 2017). Entretanto, não existem estudos que avaliem o efeito da substituição simultânea de farinha de trigo e gordura pela farinha de banana verde e chia hidratada, concomitantemente à substituição proporcional de outros ingredientes da formulação.

O objetivo deste estudo foi avaliar as características físico-químicas das substituições total da gordura pela chia hidratada e parcial da farinha de trigo pela farinha de banana verde

na produção de bolos, bem como o efeito da adição de açúcar, cacau e ovos em três diferentes concentrações, comparado a uma formulação controle.

### 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Qualidade dos Alimentos (QUALIAL) e na Usina de Cereais, Frutas e Hortaliças do Centro de Educação Superior do Oeste - CEO- UDESC (Universidade do Estado de Santa Catarina) - Pinhalzinho/SC.

#### 3.2.1 Produção dos bolos

Na elaboração dos bolos foram utilizadas as seguintes matérias-primas: farinha de trigo (Itaipu, Santa Catarina, Brasil), farinha de banana verde (Linea verde, Paraná, Brasil), chia (Sabor verde, Paraná, Brasil), açúcar (Alto Alegre, São Paulo, Brasil), ovos *in natura*, leite integral (Aurora, Santa Catarina, Brasil), gordura vegetal (Soya, Santa Catarina, Brasil), cacau em pó (Chalé do mel, Santa Catarina, Brasil) e fermento (Royal, São Paulo, Brasil), todos obtidos no comércio local. A formulação do bolo controle foi baseada no artigo de Segundo *et al.* (2017), conforme a formulação “layer cake” com 100 g de farinha de trigo, 90 g de açúcar, 95 g de leite, 78,5 g de ovos, 47,5 g de gordura vegetal e 4,5 g de fermento químico. Todos os ingredientes, exceto o fermento, foram misturados em batedeira convencional e misturados por 1 min na velocidade 3, posteriormente o fermento foi adicionado e misturado por 30 segundos na velocidade 1. A massa de bolo foi colocada em recipientes de alumínio (30 x 22 x 6 cm) untadas com óleo e assadas em forno convencional por 40 minutos a 180 °C e em recipientes plásticos por 24 horas até a realização das análises físico-químicas.

#### 3.2.2 Delineamento Experimental

As formulações foram baseadas no planejamento experimental Plackett-Burman (PB), com 5 variáveis independentes X1 = farinha (FBV e farinha de trigo); X2 = chia; X3 = açúcar, X4 = cacau e X5 = ovos, testadas em 2 níveis, mais duas repetições do ponto central, em um total de 15 experimentos (RODRIGUES e IEMMA, 2014). As quantidades de fermento e leite adicionadas em todas as formulações foram as mesmas da formulação padrão e obteve-se um

mix de farinhas (FBV e FT) conforme os níveis do planejamento experimental a fim de completar a massa final de todos os bolos para 400 gramas (Tabela 3).

**Tabela 3:** Matriz do planejamento experimental PB 12 com 2 níveis mais o ponto central com 3 repetições, totalizando 15 experimentos com os valores reais e codificados para as formulações de bolos.

Formulações	Valores reais e codificados					Quantidade dos ingredientes em gramas						
	X1 (FBV+FT)	X2 (Chia)	X3 (Açúcar)	X4 (Cacau)	X5 (Ovos)	X1 (FBV+FT) g	X2 Chia (g)	X3 Açúcar (g)	X4 Cacau (g)	X5 Ovos (g)	Massa mix ingredientes (g)	Quant. Massa mix farinha (g)
1	1 (75/25)	-1 (50)	1 (95)	-1 (8)	-1 (75)	54,21	36,15	68,67	5,79	54,3	219,12	80,88
2	1 (75/25)	1 (100)	-1 (85)	1 (12)	-1 (75)	54,21	72,29	61,44	8,67	54,3	250,91	49,09
3	-1 (50/50)	1 (100)	1 (95)	-1 (8)	1 (85)	36,15	72,29	68,67	5,79	61,44	244,34	55,66
4	1 (75/25)	-1 (50)	1 (95)	1 (12)	-1 (75)	54,21	36,15	68,67	8,67	54,3	222	78
5	1 (75/25)	1 (100)	-1 (85)	1 (12)	1 (85)	54,21	72,29	61,44	8,67	61,44	276,11	23,89
6	1 (75/25)	1 (100)	1 (95)	-1 (8)	1 (85)	54,21	72,29	68,67	5,79	61,44	262,4	37,6
7	-1 (50/50)	1 (100)	1 (95)	1 (12)	-1 (75)	36,21	72,29	68,67	8,67	54,3	240,14	59,86
8	-1 (50/50)	-1 (50)	1 (95)	1 (12)	1 (85)	36,15	36,15	68,67	8,67	61,44	211,08	88,92
9	-1 (50/50)	-1 (50)	-1 (85)	1 (12)	1 (85)	36,15	36,15	61,44	8,67	61,44	203,85	96,15
10	1 (75/25)	-1 (50)	-1 (85)	-1 (8)	1 (85)	54,21	36,15	61,44	5,79	61,44	219,03	80,97
11	-1 (50/50)	1 (100)	-1 (85)	-1 (8)	-1 (75)	36,15	72,29	61,44	5,79	54,3	229,97	70,03
12	-1 (50/50)	-1 (50)	-1 (85)	-1 (8)	-1 (75)	36,15	36,15	61,44	5,79	54,3	193,83	106,17
13	0 (62,5/37,5)	0 (75)	0 (90)	0 (10)	0 (80)	45,18	54,22	65,06	7,23	57,83	229,52	70,48
14	0 (62,5/37,5)	0 (75)	0 (90)	0 (10)	0 (80)	45,18	54,22	65,06	7,23	57,83	229,52	70,48
15	0 (62,5/37,5)	0 (75)	0 (90)	0 (10)	0 (80)	45,18	54,22	65,06	7,23	57,83	229,52	70,48

Fonte: elaborada pela autora, 2019. Formulações 1 a 15: planejamento experimental Plackett-Burman (PB) com um total de 15 experimentos. X1 a X5: 5 variáveis independentes, testadas em 2 níveis (+1 e -1), mais três repetições do ponto central (0). FBV: farinha de banana verde. FT: farinha de trigo. Massa mix ingredientes: soma total dos ingredientes da formulação. Massa mix de farinha: mistura de FBV e FT, proporcional ao nível testado em cada formulação conforme o delineamento experimental, necessária para obter bolos com massa final de 400 gramas.

### 3.2.3 Análises físico-químicas da matéria-prima

A matéria prima utilizada foi caracterizada quanto ao conteúdo de fibras, lipídios, cinzas, proteínas e carboidratos. O teor de fibra dietética total (TDF) foi determinado usando o método gravimétrico enzimático n° 985.29 da AOAC (2016). O teor de lipídeos, cinzas e proteínas foram determinados pelos métodos n° 30-25.01, n° 930.22 e n° 950.36 da AOAC (2016), respectivamente. O teor de carboidratos totais foi calculado por diferença (100 g – gramas totais de umidade, proteínas, lipídeos e cinzas), incluindo a fração fibra alimentar. Todas as análises descritas acima foram realizadas em triplicata.

### 3.2.4 Análises físico-químicas dos bolos

As amostras foram avaliadas após 24 horas de armazenamento quanto a atividade de água, em determinador de atividade de água Aqualab®, conforme instruções do fabricante. O volume específico dos bolos foi determinado pelo método n° 10-05.01 da AACCI (2010) através do deslocamento de sementes de painço e expresso em  $\text{cm}^3 / \text{g}$ . A umidade foi determinada pelo método n° 931.04 da AOAC (2016). As análises descritas acima foram realizadas em triplicata.

A textura foi medida de acordo com o método n° 74-10.02 da AACCI (2010), em texturômetro (Brookfield, modelo CT3), a partir de amostras em formato cúbico de  $2,5 \text{ cm}^3$ , 1 cm distante das extremidades do bolo. A textura das amostras foi determinada com compressão de 40%, por probe cilíndrica de acrílico de 20 mm de diâmetro e velocidade de  $2.0 \text{ mm.s}^{-1}$ . A cor da crosta foi medida em três regiões diferentes a partir de um corte da porção central do bolo e a cor do miolo, medida a 2 cm do centro do bolo e avaliadas pelos parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  em colorímetro (Hunter Lab Mini Scan ®, Modelo EZ) pela análise direta de cada amostra, conforme orientações do fabricante e posteriormente calculou-se a diferença total de cores ( $\Delta E^*$ ) entre a amostra controle e as demais formulações com a seguinte equação:  $\Delta E^* = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2}$ . Os parâmetros usados para determinar a diferença total de cores foram:  $\Delta E^* < 1$  diferenças de cor não são óbvias ao olho humano;  $1 < \Delta E^* < 3$  pequenas diferenças de cor podem ser percebidas a olho humano dependendo do tom e  $\Delta E^* > 3$  diferenças de cores são óbvias ao olho humano. (BODART *et al.*, 2008). As análises de cor e de textura foram realizadas em quintuplicata.

### 3.2.5 Análise Estatística

O delineamento experimental de Placket e Burmann foi realizado com nível de 90% de confiança ( $p < 0,1$ ) para avaliar os efeitos das variáveis independentes estudadas nas formulações, pelo software de planejamento experimental Protimiza. A análise de variância (ANOVA) foi realizada com nível de 95% ( $p < 0,05$ ) de confiança e as médias foram comparadas pelo teste Tukey com auxílio do software Estatística 10.0.

## 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.3.1 Composição centesimal das matérias-primas

A composição da matéria-prima utilizada no presente estudo é apresentada na Tabela 4.

**Tabela 4:** Composição centesimal das matérias-primas.

Matéria-prima	Fibras (%)	Lipídeos (%)	Cinzas (%)	Proteínas (%)	Carboidratos (%)	Umidade (%)
<b>Farinha de trigo</b>	2,69 ± 0,44	10,46 ± 1,02	0,80 ± 0,08	5,80 ± 0,46	70,83 ± 0,01	12,11 ± 1,00
<b>Farinha de banana verde</b>	22,36 ± 2,15	9,19 ± 1,06	3,02 ± 0,14	11,46 ± 1,28	68,82 ± 0,10	7,51 ± 1,02
<b>Chia</b>	71,52 ± 3,58	42,50 ± 3,07	4,93 ± 0,03	19,74 ± 0,58	19,33 ± 0,19	13,50 ± 1,25
<b>Cacau</b>	68,49 ± 3,61	15,19 ± 1,50	0,31 ± 0,09	1,35 ± 0,25	6,88 ± 0,05	7,78 ± 1,58
<b>Ovos</b>	NA	9,02 ± 1,12	0,10 ± 0,05	14,15 ± 0,78	2,37 ± 0,10	74,36 ± 1,31
<b>Açúcar</b>	NA	NA	NA	0,28 ± 0,26	99,38 ± 0,17	0,34 ± 0,01

Fonte: elaborada pela autora, 2019. Resultados expressos como média ± desvio padrão de três determinações (n=3). NA: não analisado.

Observou-se maior teor de fibras para chia, seguido pelo cacau, o que torna as formulações com adição destes ingredientes com conteúdo de fibras superior a formulação controle (VIEIRA *et al.*, 2015). Os ingredientes com maior teor de lipídios, em ordem decrescente foram: a chia, o cacau e a FT. As proteínas são encontradas em maior quantidade na chia, nos ovos e na FBV, respectivamente. O teor de cinzas é maior na chia, seguido pelos

ovos e pela FBV. Os carboidratos estão em maior quantidade no açúcar, na FT e na FBV, respectivamente. A umidade foi maior nos ovos (Tabela 4).

Os valores de fibras, cinzas, proteínas, lipídeos, umidade e carboidratos encontrados para FT estão de acordo com os encontrados por Vieira *et al.* (2015) e também se aproximam aos encontrados por Segundo *et al.* (2017) para FBV. Os teores de chia e cacau estão de acordo com os resultados obtidos por Fernandes e Sallas-Mellado (2017) e Martínez-Cervera *et al.* (2011).

### 3.3.2 Análises físico-químicas das formulações

Na Tabela 5 e Anexo A estão os resultados de atividade de água ( $A_w$ ), volume, umidade e textura das formulações desenvolvidas.

**Tabela 5:** Atividade de água (Aw), volume, umidade e textura das formulações de bolos.

Formulações	Aw	Volume (cm <sup>3</sup> /g)	Umidade (%)	Firmeza (N)	Deformação (mm)	Força adesão (N)	Elasticidade (mm)	Mastigabilidade (N. mm <sup>-1</sup> )
<b>F1</b>	0,903 ± 0,001 <sup>e</sup>	2,34 ± 0,11 <sup>b,c,d</sup>	64,58 ± 0,03 <sup>a,b</sup>	32,20 ± 6,62 <sup>b</sup>	15,00 ± < 0,01 <sup>a</sup>	0,20 ± 0,12 <sup>a</sup>	12,30 ± 3,10 <sup>b,c</sup>	186,03 ± 4,82 <sup>a</sup>
<b>F2</b>	0,908 ± 0,001 <sup>d,e</sup>	2,13 ± 0,12 <sup>b,c,d,e</sup>	60,60 ± 0,02 <sup>a,b,c</sup>	51,62 ± 4,67 <sup>a</sup>	15,00 ± 0,40 <sup>a,b</sup>	0,20 ± 0,07 <sup>a</sup>	13,28 ± 3,20 <sup>a,b,c</sup>	185,06 ± 0,50 <sup>a</sup>
<b>F3</b>	0,952 ± 0,010 <sup>b,c</sup>	1,20 ± 0,15 <sup>f</sup>	61,74 ± 0,01 <sup>a</sup>	14,49 ± 2,39 <sup>c,d,e</sup>	14,99 ± < 0,01 <sup>a</sup>	0,10 ± 0,05 <sup>b,c</sup>	13,05 ± 3,40 <sup>a,b</sup>	100,47 ± 0,88 <sup>b</sup>
<b>F4</b>	0,922 ± 0,014 <sup>d</sup>	1,65 ± 0,43 <sup>e,f</sup>	66,23 ± 0,01 <sup>a</sup>	16,92 ± 2,09 <sup>c,d</sup>	15,00 ± < 0,01 <sup>a</sup>	0,22 ± 0,04 <sup>a</sup>	12,23 ± 3,09 <sup>c</sup>	105,06 ± 1,26 <sup>b</sup>
<b>F5</b>	0,953 ± 0,006 <sup>b,c</sup>	1,80 ± 0,27 <sup>d,e,f</sup>	45,31 ± 0,01 <sup>d</sup>	16,89 ± 2,98 <sup>c</sup>	15,00 ± < 0,01 <sup>a</sup>	0,10 ± 0,07 <sup>b,c,d</sup>	14,72 ± 2,92 <sup>b,c</sup>	100,06 ± 0,24 <sup>b</sup>
<b>F6</b>	0,944 ± 0,003 <sup>b,c</sup>	1,71 ± 0,18 <sup>d,e,f</sup>	49,45 ± 0,01 <sup>b,c,d,e</sup>	10,89 ± 1,00 <sup>c,d,e</sup>	14,99 ± < 0,01 <sup>a</sup>	0,20 ± 0,05 <sup>a</sup>	12,74 ± 0,23 <sup>a,b,c</sup>	98,44 ± 1,46 <sup>b</sup>
<b>F7</b>	0,948 ± 0,008 <sup>b,c</sup>	2,00 ± 0,03 <sup>b,c,d,e</sup>	54,28 ± 0,01 <sup>b,c,d</sup>	10,11 ± 1,16 <sup>c,d,e</sup>	15,00 ± < 0,01 <sup>a</sup>	0,05 ± 0,23 <sup>b,c,d,e</sup>	13,53 ± 3,44 <sup>a,b</sup>	94,48 ± 2,12 <sup>b</sup>
<b>F8</b>	0,942 ± 0,004 <sup>c</sup>	1,58 ± 0,29 <sup>e,f</sup>	54,07 ± 0,02 <sup>a,b,c,d</sup>	6,62 ± 0,97 <sup>d,e</sup>	14,98 ± 0,10 <sup>a,b</sup>	0,05 ± 0,03 <sup>b,c,d</sup>	11,07 ± 3,05 <sup>c</sup>	95,79 ± 1,04 <sup>b</sup>
<b>F9</b>	0,950 ± 0,005 <sup>b,c</sup>	3,16 ± 0,08 <sup>a</sup>	54,36 ± 0,02 <sup>a,b,c,d</sup>	6,25 ± 0,95 <sup>d,e</sup>	14,99 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,01 ± 0,03 <sup>e</sup>	14,24 ± 1,82 <sup>a</sup>	95,41 ± 1,19 <sup>b</sup>
<b>F10</b>	0,948 ± 0,001 <sup>b,c</sup>	2,10 ± 0,16 <sup>b,c,d,e</sup>	49,92 ± 0,01 <sup>b,c,d,e</sup>	8,92 ± 1,32 <sup>c,d,e</sup>	14,97 ± 0,03 <sup>a,b</sup>	0,05 ± 0,05 <sup>c,d,e</sup>	13,35 ± 0,70 <sup>a,b</sup>	97,15 ± 0,76 <sup>b</sup>
<b>F11</b>	0,969 ± 0,001 <sup>a</sup>	3,05 ± 0,12 <sup>a</sup>	49,92 ± < 0,01 <sup>b,c,d,e</sup>	10,42 ± 2,33 <sup>c,d,e</sup>	14,99 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,05 ± 0,03 <sup>c,d,e</sup>	13,55 ± 1,65 <sup>a,b</sup>	97,00 ± 10,07 <sup>b</sup>
<b>F12</b>	0,972 ± 0,001 <sup>a</sup>	2,64 ± 0,25 <sup>a,b</sup>	39,83 ± < 0,01 <sup>e</sup>	9,13 ± 2,05 <sup>c,d,e</sup>	14,99 ± 0,02 <sup>a,b</sup>	0,04 ± 0,02 <sup>d,e</sup>	13,24 ± 0,37 <sup>a,b</sup>	95,30 ± 14,46 <sup>b</sup>
<b>F13</b>	0,960 ± 0,002 <sup>a,b,c</sup>	2,58 ± 0,31 <sup>a,b,c</sup>	48,56 ± 0,01 <sup>d,e</sup>	8,78 ± 1,00 <sup>c,d,e</sup>	14,99 ± 0,03 <sup>a</sup>	0,10 ± 0,01 <sup>b</sup>	12,73 ± 0,55 <sup>a,b,c</sup>	53,00 ± 3,90 <sup>c</sup>
<b>F14</b>	0,956 ± 0,002 <sup>a,b,c</sup>	1,97 ± 0,12 <sup>c,d,e</sup>	49,36 ± 0,01 <sup>c,d,e</sup>	7,89 ± 1,23 <sup>c,d,e</sup>	14,94 ± 0,01 <sup>a,b</sup>	0,10 ± 0,01 <sup>b</sup>	12,71 ± 0,89 <sup>a,b,c</sup>	54,70 ± 3,17 <sup>c</sup>
<b>F15</b>	0,960 ± 0,003 <sup>a,b,c</sup>	2,11 ± 0,09 <sup>b,c,d,e</sup>	49,22 ± 0,01 <sup>c,d,e</sup>	8,65 ± 1,54 <sup>c,d,e</sup>	15,00 ± 0,03 <sup>a</sup>	0,10 ± 0,01 <sup>b</sup>	12,78 ± 0,98 <sup>a,b,c</sup>	53,60 ± 4,01 <sup>c,d</sup>
<b>FC</b>	0,942 ± 0,000 <sup>c</sup>	2,62 ± 0,24 <sup>a,b,c</sup>	25,59 ± 0,02 <sup>f</sup>	2,75 ± 0,29 <sup>e</sup>	14,78 ± 0,21 <sup>b</sup>	0,05 ± 0,07 <sup>c,d,e</sup>	12,97 ± 0,38 <sup>a,b</sup>	24,30 ± 2,72 <sup>d</sup>

Fonte: elaborada pela autora, 2019. F1 a F15: formulações de bolos baseadas no planejamento experimental PB12 e três repetições do ponto central (0) com diferentes concentrações de farinha de trigo, farinha de banana verde, cacau, chia hidratada e ovos. FC: formulação controle, sem adição de farinha de banana verde, cacau e chia hidratada. Resultados expressos como média ± desvio padrão (n = 3) e para análises de textura (n = 5). Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente entre si (p < 0,05).

Observa-se que as amostras F1, F2, F4, F11, F12 e F13 diferiram estatisticamente ( $p < 0,05$ ) em relação a formulação controle, sendo que para F1, F2 e F4 a atividade de água foi inferior a FC. A FC obteve valor de atividade de água intermediário quando comparado com outras formulações, possivelmente devido a presença de ovos e ausência de chia hidratada. Na análise estatística do planejamento experimental PB 12, obteve-se efeito negativo ( $p < 0,1$ ) para a mescla de FBV e FT, ou seja, o aumento na quantidade de FBV na formulação reduz a atividade de água. Isso está de acordo com a Tabela 3 onde observa-se que F11, F12 e F13, que obtiveram maior atividade de água em relação ao controle, foram elaboradas com menor teor de FBV em relação a F1, F2 e F4, que obtiveram redução da atividade de água em relação ao controle. Observa-se também que uma diminuição no teor do mix de farinha elevaria os níveis de atividade de água, devido ao aumento da quantidade de chia hidratada e ovos, como ocorre na formulação F11 (Tabela 5).

As formulações F1, F4 e F6, que possuem o maior nível de açúcar, resultaram nas menores atividades de água (Tabela 5). Isso ocorre em função do estabelecimento de ligações intermoleculares entre o açúcar e a água, o que reduz a quantidade de água livre do meio (FERNANDES; SALAS-MELLADO, 2017). A redução da atividade de água é desejável, pois quanto mais elevada for a atividade de água, mais rápido os microorganismos, como bactérias, leveduras e bolores, serão capazes de crescer; logo a importância da  $A_w$  está na sua relação com a conservação dos alimentos (FENNEMA, 2010).

O estudo de Fernandes e Salas-Mellado (2017), que adicionaram mucilagem de chia seca e liofilizada em níveis de 25, 50, 75 e 100 % em substituição a gordura em bolos de chocolate, obtiveram valores de atividade de água que variaram de 0,913 a 0,929, próximos aos encontrados neste estudo para as formulações F1, F2 e F4 (Tabela 5).

O volume das amostras F3, F4, F5, F6, F7, F8 e F14 reduziu significativamente ( $p < 0,05$ ) em relação a formulação controle, provavelmente em virtude da presença de FBV, o que dificulta a formação da rede de glúten e o desenvolvimento da estrutura da massa (MOHAMED; XU; SINGH, 2010).

O volume das formulações (Tabela 5) obteve efeito negativo ( $p < 0,1$ ) para o açúcar, devido a maior absorção de água na presença de maior quantidade de açúcar e consequente aumento da densidade da massa e redução do volume. Assim, os menores volumes foram observados para as formulações F3, F4, F6 e F8 sendo essas preparadas com a maior quantidade de açúcar.

García *et al.* (2014) mostraram que a redução de açúcar aumentou a elasticidade. O açúcar também controla a viscosidade da massa, limitando a quantidade de água livre durante cozimento. A redução da água disponível eleva a temperatura de gelatinização do amido e aumenta a temperatura de desnaturação da proteína da clara do ovo. A redução do teor de açúcar pode alterar o volume, pois o açúcar tende a aumentar a porosidade e reduzir a firmeza dos bolos (FARZI *et al.*, 2015).

Souza *et al.* (2018) utilizaram purê de banana verde para substituir gordura de 0 a 100 % e açúcar de 0 a 50 % em bolos. Os autores encontraram para o bolo controle sem substituição de açúcar, o volume de 2,3 cm<sup>3</sup>/g, valor próximo ao encontrado no presente estudo para a FC. Nas formulações com substituição de 25 % de gordura e redução de 20 % na quantidade de açúcar o volume foi 2,5 cm<sup>3</sup>/g e para os bolos com substituição de gordura em 25 % e redução de 40 % de açúcar o volume aumentou para 2,8 cm<sup>3</sup>/g. Houve aumento no volume ao reduzir o açúcar nas formulações, o que também ocorreu no presente estudo.

Todas as formulações diferiram estatisticamente ( $p < 0,05$ ) para a análise de umidade, com valores superiores em relação a formulação controle, observou-se aumento significativo ( $p < 0,05$ ) da umidade provavelmente devido a presença de chia hidratada nas formulações analisadas (Tabelas 4 e 5).

Não houve efeitos ( $p < 0,01$ ) para a umidade. O teor de umidade variou de 25,59 % para a formulação controle até 66,23 % na formulação F4 (Tabela 5). Nota-se que a formulação controle obteve o menor teor de umidade, em virtude de não conter a chia hidratada e sim óleo de soja convencional. A formulação F4 apresentou a maior umidade, possivelmente pelo maior teor de FBV, associado a presença de chia hidratada e açúcar que aumenta a retenção de água devido a sua solubilidade, reduz a evaporação no forneamento e assim aumenta a umidade do produto final (JUAREZ-GARCIA *et al.*, 2006).

Olivera *et al.* (2015) ao avaliar a substituição de 10, 20 e 30 % de farinha de trigo por farinha de banana verde em pães obteve valores de umidade entre 39,89 e 40,67%, em concordância com os encontrados no presente estudo (Tabela 3). Conforme o autor, o elevado teor de umidade pode estar relacionado com alto teor de proteínas, composição de amido e baixo teor de lipídeos, uma vez que essas são características hidrofílicas que melhoram a capacidade de absorção de água e aumentam a umidade do produto final.

Houve aumento significativo ( $p < 0,05$ ) da firmeza para as formulações F1, F2, F4 e F5 em relação ao controle, provavelmente devido a menor concentração de FT, menor teor de glúten e enfraquecimento da estrutura proteica das formulações (ANDRADE *et al.*, 2018; SEGUNDO *et al.*, 2017). A firmeza também resultou em efeito ( $p < 0,1$ ) positivo para as

mesclas de farinha e negativo para os ovos, indicando que quanto maior o teor de FBV e menor o teor de ovos, maior a firmeza. Assim, observou-se aumento da firmeza para as formulações F1, F2, F4 e F5 devido ao maior teor de FBV e em F1, F2 e F4 também devido ao menor teor de ovos. Souza *et al.* (2018), encontrou valores de firmeza de 6,6 N para a formulação controle e 9,4 N para a formulação com 25% de substituição de gordura e 20% de redução de açúcar, indicando um aumento na firmeza com a diminuição da quantidade de açúcar. Da mesma forma, Matos *et al.* (2017) e Segundo *et al.* (2017), ao substituir a FT pela FBV na produção de bolos e *brownies*, observaram aumento na firmeza das formulações, resultados que confirmam os encontrados no presente estudo.

Observa-se deformação igual ao controle para as amostras F2, F8, F10, F12 e F14 e efeito significativo ( $p < 0,1$ ) e redução significativa ( $p < 0,05$ ) da deformação para as demais formulações em relação ao controle (Tabela 3). As formulações F1, F2, F4, F6, F13, F14 e F15 obtiveram aumento significativo ( $p < 0,05$ ) da força de adesão em relação a amostra controle. Em relação a força de adesão, obteve-se efeito negativo ( $p < 0,1$ ) para a variável ovos, ou seja, o aumento da força de adesão com a diminuição dos ovos e efeito positivo para a mescla de farinhas e para o açúcar, sendo que o aumento destes ingredientes também aumenta a força de adesão. As formulações F1, F2, F4, F13, F14 e F15 apresentaram valores de força de adesão maiores que a FC devido à redução no conteúdo de ovos e /ou ao maior conteúdo de farinhas, chia e açúcar (Tabelas 1 e 3). As formulações F7 a F12 não diferiram da força de adesão da FC (Tabela 3). Sendo a força de adesão a força requerida para remover o material que adere a boca durante o processo normal de mastigação, quanto menor a força de adesão mais fácil de mastigar o alimento o que resulta na redução da quantidade de açúcar e farinha, ao mesmo tempo que um aumento no teor de ovos aumenta o teor proteico e reduz a adesão da massa (WANG *et al.*, 2012).

A elasticidade apresentou efeito ( $p < 0,1$ ) positivo para a chia e negativo para o açúcar, o que indica um aumento da elasticidade com o aumento no teor de chia e redução do açúcar nas formulações. Esse efeito é desejável tendo em vista que a elasticidade é o grau no qual um produto volta a sua forma original depois da compressão com os dentes (ACEVEDO *et al.*, 2012). As formulações F4 e F8 obtiveram a menor elasticidade em relação a FC devido ao menor teor de chia hidratada e maior teor de açúcar (Tabelas 3 e 5).

A mastigabilidade não apresentou efeito significativo ( $p < 0,1$ ), porém houve aumento significativo ( $p < 0,05$ ) da mastigabilidade para todas as formulações em relação ao controle (Tabela 3). Os resultados mostram que a adição da FBV e a redução da FT propiciou uma

maior energia necessária para a deglutição da amostra. Desta forma, houve aumento do tempo necessário para mastigar uma amostra e reduzi-la a uma consistência adequada para deglutição (YORLENY *et al.*, 2014).

Na Tabela 6 e Anexo A estão os parâmetros de cor da crosta e do miolo dos bolos.

**Tabela 6:** Cor da crosta e do miolo para as formulações de bolos.

Formulações	Crosta				Miolo			
	L*	a*	b*	▲E	L*	a*	b*	▲E
<b>F1</b>	21,63 ± 0,92 <sup>d,e,f</sup>	4,72 ± 0,53 <sup>f</sup>	6,26 ± 0,74 <sup>h,i</sup>	36,98	25,42 ± 2,36 <sup>b,c</sup>	5,51 ± 0,50 <sup>d</sup>	10,14 ± 0,86 <sup>g,h</sup>	32,91
<b>F2</b>	23,13 ± 0,13 <sup>c,d</sup>	5,32 ± 0,70 <sup>d,e,f</sup>	7,23 ± 0,41 <sup>g,h,i</sup>	35,38	20,63 ± 0,27 <sup>e</sup>	4,43 ± 0,27 <sup>d</sup>	6,83 ± 0,33 <sup>h</sup>	38,21
<b>F3</b>	25,22 ± 0,74 <sup>b,c</sup>	5,42 ± 0,65 <sup>d,e</sup>	9,68 ± 1,07 <sup>e</sup>	32,54	24,90 ± 0,74 <sup>b,c</sup>	5,48 ± 0,16 <sup>d</sup>	10,05 ± 0,47 <sup>h,f,g</sup>	33,22
<b>F4</b>	22,23 ± 1,10 <sup>c,d,e</sup>	4,67 ± 0,96 <sup>d,e,f</sup>	5,93 ± 0,49 <sup>i</sup>	37,06	22,68 ± 1,19 <sup>c,d,e</sup>	5,70 ± 0,27 <sup>c,d</sup>	9,60 ± 0,68 <sup>g,h</sup>	36,01
<b>F5</b>	25,97 ± 1,04 <sup>b</sup>	6,28 ± 0,29 <sup>d</sup>	9,21 ± 0,45 <sup>e,f</sup>	32,39	22,09 ± 0,54 <sup>c,d,e</sup>	5,67 ± 0,20 <sup>c,d</sup>	9,64 ± 0,41 <sup>g,h</sup>	34,85
<b>F6</b>	24,84 ± 0,55 <sup>b,c</sup>	4,08 ± 0,12 <sup>f</sup>	6,11 ± 0,18 <sup>h,i</sup>	36,28	22,09 ± 0,99 <sup>d,e</sup>	5,36 ± 0,20 <sup>d</sup>	9,79 ± 0,36 <sup>g,h</sup>	34,79
<b>F7</b>	16,62 ± 0,75 <sup>j</sup>	11,27 ± 0,41 <sup>b</sup>	17,67 ± 1,10 <sup>c</sup>	28,43	10,95 ± 3,20 <sup>g</sup>	13,96 ± 1,75 <sup>a</sup>	16,76 ± 1,57 <sup>c,d</sup>	36,05
<b>F8</b>	13,69 ± 2,29 <sup>j</sup>	8,77 ± 0,74 <sup>b</sup>	13,27 ± 0,61 <sup>d</sup>	34,12	13,07 ± 1,69 <sup>f</sup>	14,98 ± 1,10 <sup>a</sup>	22,32 ± 2,57 <sup>b</sup>	32,18
<b>F9</b>	19,44 ± 0,65 <sup>g,h</sup>	12,44 ± 0,31 <sup>b</sup>	8,47 ± 0,36 <sup>e,f,g</sup>	33,90	22,30 ± 0,73 <sup>d,e</sup>	5,61 ± 0,23 <sup>c,d</sup>	6,83 ± 0,14 <sup>h</sup>	37,15
<b>F10</b>	21,84 ± 0,46 <sup>e,f,g</sup>	4,65 ± 0,31 <sup>e,f</sup>	6,70 ± 0,32 <sup>h,i</sup>	36,55	23,57 ± 0,51 <sup>c,d</sup>	5,45 ± 0,25 <sup>c,d</sup>	10,12 ± 0,14 <sup>g,h</sup>	33,77
<b>F11</b>	19,32 ± 0,88 <sup>h</sup>	11,56 ± 0,79 <sup>b</sup>	23,27 ± 0,55 <sup>b</sup>	22,71	18,30 ± 2,10 <sup>f</sup>	14,54 ± 1,19 <sup>a</sup>	21,91 ± 2,60 <sup>c</sup>	27,14
<b>F12</b>	24,47 ± 1,06 <sup>b,d</sup>	11,75 ± 0,54 <sup>b</sup>	22,27 ± 0,68 <sup>b</sup>	20,09	14,86 ± 0,51 <sup>f</sup>	14,13 ± 0,67 <sup>a</sup>	25,84 ± 0,81 <sup>b</sup>	27,83
<b>F13</b>	22,08 ± 0,87 <sup>d,e,f</sup>	4,82 ± 0,73 <sup>e,f</sup>	7,64 ± 0,99 <sup>f,g,h,i</sup>	35,60	26,76 ± 1,12 <sup>b</sup>	7,30 ± 0,34 <sup>b,c</sup>	13,72 ± 0,76 <sup>e,f</sup>	31,14
<b>F14</b>	20,59 ± 0,90 <sup>f,g,h</sup>	4,90 ± 0,98 <sup>d,e,f</sup>	7,72 ± 0,90 <sup>f,g,h</sup>	36,09	27,18 ± 0,98 <sup>b,d</sup>	9,03 ± 0,45 <sup>b</sup>	15,98 ± 0,98 <sup>e,f</sup>	26,32
<b>F15</b>	21,34 ± 1,05 <sup>e,f,g</sup>	4,54 ± 0,66 <sup>f</sup>	6,80 ± 0,91 <sup>h,i</sup>	36,69	23,72 ± 1,76 <sup>c</sup>	6,19 ± 0,76 <sup>c,d</sup>	12,51 ± 0,78 <sup>e,g</sup>	31,51
<b>FC</b>	35,47 ± 2,55 <sup>a</sup>	18,25 ± 0,74 <sup>a</sup>	37,77 ± 1,32 <sup>a</sup>	-	39,41 ± 3,57 <sup>a</sup>	13,23 ± 0,51 <sup>a</sup>	38,91 ± 3,57 <sup>ε</sup>	-

Fonte: elaborada pela autora, 2019. Resultados expressos como média ± desvio padrão de cinco determinações (n = 5). Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente entre si ( $p > 0,05$ ). F1 a F15: formulações de bolos baseadas no planejamento experimental PB12 e três repetições do ponto central (0) com diferentes concentrações de farinha de trigo, farinha de banana verde, cacau, chia hidratada e ovos. FC: formulação controle, sem adição de farinha de banana verde, cacau e chia hidratada.

Todas as amostras diferiram estatisticamente ( $p < 0,05$ ) da amostra controle para os parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  para a cor da crosta e todas diferiram para os parâmetros  $L^*$  e  $b^*$  para a cor do miolo, devido a amostra FC não conter FBV e cacau, ingredientes com coloração escura (Tabela 6). O  $\Delta E$ , que representa a diferença total de cor com valores maiores que 3 indica que todas as amostras tiveram diferenças de cores facilmente percebidas pelo olho humano (SAVLAK *et al.*, 2016).

A cor da crosta dos bolos teve efeito positivo ( $p < 0,01$ ) para todas as variáveis menos para a chia e para o cacau, com menor valor para a farinha, ou seja, a presença de FBV influencia na cor da crosta, devido a sua coloração escura. Andrade *et al.* (2018), avaliaram a substituição de 10, 15 e 20% da FT pela FBV na produção de pães de forma integral e encontraram valores de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  para a crosta da formulação controle de 59,49, 12,82 e 30,77, respectivamente; valores próximos aos do presente estudo. No referido estudo, nas formulações com FBV foi observado aumento dos valores de  $L^*$ , entre 61,82 e 64,56, e aumento dos parâmetros de cromaticidade  $a^*$  e  $b^*$ . O autor destaca que a FBV contribuiu para a coloração do pão e reduziu os valores de  $a^*$  e  $b^*$ , o que significa uma diminuição da cromaticidade para o vermelho e o amarelo, respectivamente.

Savlak *et al.* (2016), observaram que a distribuição do tamanho das partículas afeta significativamente a cor da FBV, de forma que os valores de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  decrescem com o aumento do tamanho da partícula. Segundo Ahmed *et al.* (2015), o aumento dos valores de  $L^*$  com a redução do tamanho das partículas é devido ao aumento da área superficial, devido a reflexão da luz.

No estudo de Fernandes e Salas-Mellado (2017), ao desenvolverem bolos com adição de mucilagem da semente de chia em substituição a gordura, perceberam que o brilho da crosta diminuiu a medida que o teor de gordura aumentou, ou seja, quanto maior o teor de chia, mais escuro se torna a crosta do produto. Os autores ainda destacam que para produtos assados, a cor da crosta é diretamente influenciada pela reação de Maillard e pela caramelização durante o cozimento.

A cor do miolo (Tabela 6) é influenciada pela farinha de trigo, quanto menor o tamanho de suas partículas mais brilhante a cor do produto. A luminosidade do miolo reduziu significativamente ( $p < 0,05$ ) para todas as formulações em relação ao controle. O parâmetro de cromaticidade  $a^*$  reduziu significativamente ( $p < 0,05$ ) para a maioria das formulações em relação ao controle, com exceção das amostras F7, F8, F11 e F12, onde quanto maior for o valor, maior a tendência para tonalidades vermelhas. Os valores de cromaticidade  $b^*$

reduziram ( $p < 0,05$ ) em relação a amostra controle, sendo que  $b^*$  positivo indica tonalidade amarela (SAVLAK *et al.*, 2016).

Souza *et al.* (2018), ao utilizar purê de banana verde em substituição a gordura e para redução de açúcar em bolos, percebeu que houve aumento de 50% na cor amarela dos bolos e a cor bege diminuiu com o aumento da quantidade de purê adicionada.

Resultados semelhantes foram observados por Andrade *et al.* (2018), ao empregar FBV e pão de trigo integral, observaram que a luminescência  $L^*$  apresentou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre todas as formulações, sendo que a substituição de 10%, 15% e 20% de FT pela FBV contribuiu para o escurecimento do miolo. O miolo mais escuro foi o dos pães com 10% de FBV. Assim como a farinha integral, a FBV também contribuiu para a coloração do pão, pois, em relação à cromaticidade  $a^*$ , os pães com adição de FBV diferiram significativamente ( $p < 0,05$ ) do pão controle, sendo o mesmo observado para a cromaticidade  $b^*$ . De forma geral, a adição de FBV reduziu os valores de  $a^*$  e  $b^*$ , o que significa uma diminuição da cromaticidade para o vermelho e amarelo, respectivamente.

### 3.4 CONCLUSÃO

A adição de FBV e chia hidratada podem ser utilizadas para melhorar as propriedades nutricionais de bolos, sem afetar negativamente suas propriedades físicas e químicas. A inclusão desses ingredientes resultou em atividade de água, volume e força de adesão com efeito negativo para FT, FBV e açúcar, respectivamente, o que indica que uma diminuição destes ingredientes elevaria esses parâmetros. A firmeza, a elasticidade e a cor da crosta apresentaram efeito positivo para FT, FBV, ovos, chia e açúcar. Observa-se que um aumento na quantidade destes ingredientes aumenta os parâmetros estudados.

## 4 ACEITAÇÃO SENSORIAL E CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS DE BOLOS COM CHIA E FARINHA DE BANANA VERDE

### 4.1 INTRODUÇÃO

Mudanças no processamento e a crescente demanda do consumidor por alimentos com qualidade sensorial, nutricional e benéfica à saúde, incentivam o estudo de novos ingredientes para a indústria alimentícia, inclusive versões menos calóricas e mais saudáveis de produtos de panificação, como os bolos (ACEVEDO *et al.*, 2012).

Existem diversos trabalhos que estudam a substituição parcial ou total do trigo em produtos de panificação (MARTINEZ *et al.*, 2014; LEMOS *et al.*, 2012; RAMOS *et al.*, 2012; LACERDA *et al.*, 2009; CÉSAR *et al.*, 2006), seja para melhoria da qualidade nutricional e sensorial, seja para atender a um público específico de portadores de doenças nutricionais, como os celíacos. No entanto, a substituição total da farinha de trigo representa uma grande dificuldade para obtenção de produtos panificados, sendo necessária a introdução e combinação de diversos ingredientes, assim como mudanças nas técnicas tradicionais de preparo (CAPRILES; ARÊAS, 2011) com objetivo de obter produtos sensorial e tecnologicamente aceitáveis.

O consumo de farinha integral é incentivado principalmente pelo alto teor de fibras, com comprovados benefícios à saúde humana. Uma alternativa é a industrialização da banana ainda verde, na forma de farinha, a qual reduzirá as perdas pós-colheita e durante o transporte (WANG *et al.*, 2012). O fruto pode ser processado em diferentes estágios de maturação, mas, para a obtenção da farinha, é necessário processá-la completamente verde (BERTOLINI *et al.*, 2010).

O amido é o mais importante componente da farinha de banana verde (FBV), representando uma fração mássica de 70 a 80 g de amido total/100 g de produto. De acordo com Juarez-Garcia *et al.* (2006), a FBV produzida sob condições específicas é composta de cerca de 73,4 g de amido total/100 g de produto. O amido resistente (AR), atua como fibra alimentar, com efeitos positivos para o cólon, possui ação funcional, em geral, sem prejuízos as características tecnológicas e sensoriais dos produtos (LANGKILDE *et al.*, 2002).

A gordura fornece diversas vantagens como maior volume e maciez no produto final, devido a uma maior incorporação de ar durante a preparação da massa e inibição da coalescência de bolhas de gás, levando a uma estrutura de miolo mais macia (FERNANDES; SALAS- MELLADO, 2017), retardam a gelatinização do amido e a transferência de água

para o grânulo do amido, devido a formação de complexos entre lipídeos polares e amilose durante o cozimento, prolongam a vida útil e melhoram a textura, o teor de umidade e o sabor dos bolos (O'SULLIVAN *et al.*, 2017).

Ingredientes como fibras e mucilagens têm sido usados para substituição de gordura em alimentos. A semente de chia tem alto teor de lipídios (30-40%), gorduras poliinsaturadas, ácidos graxos ômega-3 (ácido linolênico, 54-67%) e ômega-6 (ácido linoleico, 12-21%) e conteúdo proteico de 15 a 25% (ALI *et al.*, 2012), semelhante ao presente na lentilha (23%), ervilha (25%) e grão de bico (21%) (FARZI *et al.*, 2015). Além disso, as fibras presentes (18–30%) potencializam o uso de chia na produção de alimentos funcionais. Quando imersa em água, forma-se um gel denominado mucilagem de chia (CM), composto essencialmente por fibra solúvel que corresponde a cerca de 6% da massa total das sementes de chia (MOHAMED *et al.*, 2010).

O gel formado possui qualidades que permitem sua aplicação em vários produtos na indústria alimentícia (SAVLAK *et al.*, 2016), como espessante, gelificante e quelante (SANTOS *et al.*, 2015). Além disso, pode atuar como um substituto de gordura, pois tem a capacidade de hidratar, desenvolver viscosidade e manter a frescura, particularmente em produtos de panificação (ODENIGBO *et al.*, 2013). Não temos conhecimento de estudos de análise sensorial para substituição de gordura, redução de farinha de trigo e inclusão de fibras pelo uso concomitante de chia hidratada e FBV em bolos.

Assim, o objetivo deste estudo foi verificar a aceitabilidade sensorial e as características microscópicas de bolos elaborados com chia e diferentes concentrações de FBV, ovos, açúcar e cacau bem como o perfil dos julgadores quanto a frequência de consumo de bolos, produtos com fibras e sem glúten, e a intenção de compra das formulações desenvolvidas.

## 4.2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Qualidade dos Alimentos (QUALIAL) e na Usina de Cereais, Frutas e Hortaliças do Centro de Educação Superior do Oeste-CEO- UDESC (Universidade do Estado de Santa Catarina) - Pinhalzinho/SC.

#### 4.2.1 Preparo das formulações

Na elaboração dos bolos foram utilizadas as seguintes matérias-primas: farinha de trigo (Itaipu, Santa Catarina, Brasil), farinha de banana verde (Linea Verde, Paraná, Brasil), chia (Sabor Verde, Paraná, Brasil), açúcar (Alto Alegre, São Paulo, Barasil), ovos *in natura*, leite integral (Aurora, Santa Catarina, Brasil), gordura vegetal (Soya, Santa Catarina), cacau em pó (Chalé do Mel, Santa Catarina, Brasil) e fermento (Royal, São Paulo, Brasil), todos obtidos no comércio local. A formulação controle (FC) foi baseada no artigo de Segundo *et al.* (2017), conforme a formulação “layer cake” com 100 g de farinha de trigo, 90 g de açúcar, 95 g de leite, 78,5 g de ovos, 47,5 g de gordura vegetal e 4,5 g de fermento químico e as demais formulações estão descritas na Tabela 7, sendo a quantidade de leite e fermento a mesma da FC. Todos os ingredientes, exceto o fermento, foram misturados em batedeira convencional e misturados por 1 min na velocidade 3, posteriormente o fermento foi adicionado e misturado por 30 segundos na velocidade 1. A massa de bolo foi colocada em recipientes de alumínio (30 x 22 x 6 cm) untadas com óleo e assadas em forno convencional por 40 minutos a 180 °C e mantidas nos recipientes de alumínio até o momento da análise sensorial. As formulações descritas na Tabela 7 foram selecionadas para análise sensorial com base nas características físico-químicas de cor, firmeza, mastigabilidade e elasticidade dessas amostras mais próximas as da FC e desejáveis para bolos

**Tabela 7:** Formulações dos bolos com farinha de banana verde, chia e cacau.

Formulações	(FBV+FT) g	(Chia) g	(Açúcar) g	(Cacau) g	(Ovos) g	Massa mix ingredientes (g)	Quant. Massa mix farinha (g)
<b>F4</b>	54,21	36,15	68,67	8,67	54,30	222,00	78,00
<b>F9</b>	36,15	36,15	61,44	8,67	61,44	203,85	96,15
<b>F10</b>	54,21	36,15	61,44	5,79	61,44	219,03	80,97

Fonte: elaborada pela autora, 2019. FBV: farinha de banana verde. FT: farinha de trigo. Massa mix ingredientes: soma total dos ingredientes da formulação. Massa mix de farinha: mistura de FBV e FT, proporcional ao nível testado em cada formulação, necessária para obter bolos com massa final de 300 g. F4 e F10: formulações de bolos com 75% de FBV. F9: formulação com 50% de FBV. F4, F9 e F10: formulações com substituição total de lipídeos por sementes de chia hidratada.

#### 4.2.2 Análise sensorial

A avaliação sensorial foi realizada com 53 julgadores não treinados, entre eles acadêmicos e professores da Universidade do Estado de Santa Catarina-UDESC, sendo 11

homens com idade média de 21 anos e 42 mulheres com idade média de 22,5 anos. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos – CEPESH/UEDESC, Protocolo nº CAAE: 59997016.0.0000.0118/2016. Os bolos foram avaliados quanto aos atributos sabor, cor, textura, aparência e aceitação global, em uma escala hedônica de nove pontos variando de 9 "gostei muitíssimo" para 1 "desgostei muitíssimo". Os julgadores responderam três questões a fim de indicar a frequência de consumo de produtos com fibras, sem glúten e de bolos, sendo elas: “Você consome produtos com fibras?”, “Você consome produtos sem glúten?” e “Você consome bolo?”. Além disso, avaliou-se a intenção de compra dos provadores utilizando uma escala que variou de 1 - “certamente não compraria” a 5 - “certamente compraria”, conforme a Figura 1.

**Figura 1:** Ficha de avaliação sensorial disponibilizada aos julgadores para realização da análise.

Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC  
 Centro de Educação Superior do Oeste – CEO  
 Departamento de Engenharia de Alimentos e Engenharia Química – DEAQ  
 Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos-PPGCTA

Gênero: \_\_\_\_\_ Idade: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

Você consome produtos com fibras? ( ) Sim ( ) Não  
 Se a resposta for sim, indique a frequência:  
 ( ) 3x por semana ou mais ( ) 1x por semana ( ) ocasionalmente

Você consome produtos sem glúten? ( ) Sim ( ) Não  
 Se a resposta for sim, indique a frequência:  
 ( ) 3x por semana ou mais ( ) 1x por semana ( ) ocasionalmente

Você consome bolo? ( ) Sim ( ) Não  
 Se a resposta for sim, indique a frequência:  
 ( ) 3x por semana ou mais ( ) 1x por semana ( ) ocasionalmente

Você está recebendo 4 amostras de **bolo com adição de farinha de banana verde e chia hidratada**, avalie-as segundo a escala hedônica abaixo, quanto aos atributos de COR, TEXTURA, SABOR, APARÊNCIA, e ACEITAÇÃO GLOBAL.

**Escala Hedônica:**  
 9- Gostei extremamente  
 8- Gostei muito  
 7- Gostei moderadamente  
 6- Gostei ligeiramente  
 5- Nem gostei nem desgostei - Indiferente  
 4- Desgostei ligeiramente  
 3- Desgostei moderadamente  
 2- Desgostei muito  
 1- Desgostei extremamente

CÓDIGO DA AMOSTRA	SABOR	COR	TEXTURA	APARÊNCIA	ACEITAÇÃO GLOBAL

Comentários: \_\_\_\_\_

**INTENÇÃO DE COMPRA**  
 Com base em sua opinião sobre as amostras, indique na escala de 1 a 5 a sua nota em relação a intenção de compra desse produto. Se eu encontrasse esse produto à venda eu:  
 5 – Certamente compraria  
 4 – Provavelmente compraria  
 3 – Talvez comprasse/talvez não comprasse  
 2 – Possivelmente não compraria  
 1 – Certamente não compraria

AMOSTRA	NOTA	COMENTÁRIO

Fonte: elaborada pela autora, 2019.

As amostras foram analisadas 24 horas após o cozimento e apresentadas em pedaços de 3 cm<sup>3</sup> em pratos de plástico branco codificados com números aleatórios de três dígitos e servidos em uma ordem pré-determinada. Serviu-se água para enxaguar a boca entre uma amostra e outra.

#### 4.2.3 Análise de microscopia eletrônica de varredura (MEV)

As amostras F4, F9, F10 e FC foram congeladas a  $-86\text{ }^{\circ}\text{C}$  em ultrafreezer (Indril Ultra Freezer) por 24 horas e a seguir liofilizadas (Ihshin Freeze Dryer, TF5503) por 24 horas. A seguir foram recobertas com ouro e as imagens microscópicas realizadas com aumento de 1500x, tensão de aceleração de 10-15kV, em microscópio eletrônico de varredura (JEOL, JSM6701F) no Centro de Ciências Tecnológicas da UDESC de Joinville (CCT-UDESC). Observou-se a influência dos diferentes teores de ingredientes na formação da rede de glúten e na estrutura das massas comparada à formulação controle.

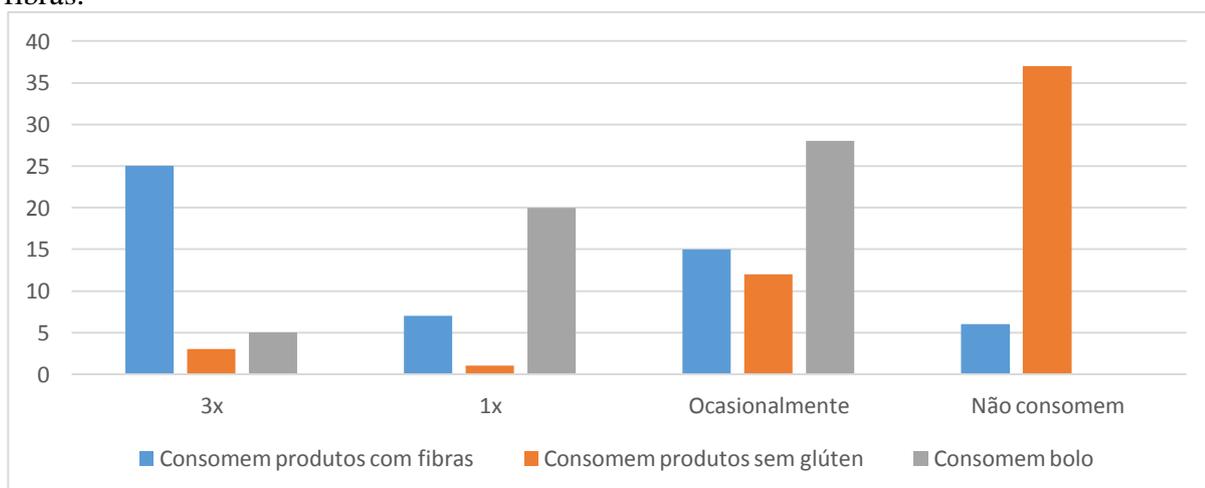
#### 4.2.4 Análise Estatística

Os resultados foram avaliados estatisticamente pela análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey em nível de 5% de significância, utilizando o software Statistica 10.

#### 4.2.5 Perfil dos julgadores

Conforme a ficha de avaliação (Figura 2), os julgadores responderam 3 questões relacionadas a frequência de consumo de bolos e produtos com fibras e sem glúten.

**Figura 2:** Perfil dos julgadores quanto ao consumo de bolos e produtos sem glúten e com fibras.



Fonte: elaborada pela autora, 2019.

Conforme a Figura 2, do total de 53 julgadores, 25 consomem produtos com fibras 3 vezes na semana, 7 consomem 1 vez na semana, 15 ocasionalmente e 6 não consomem. Para o consumo de bolos, observa-se que 5 consomem 3 vezes na semana, 20 consomem 1 vez na semana e 28 ocasionalmente, indicando que cerca de 50% consomem produtos com fibras 3 vezes na semana e 40% bolo pelo menos 1 vez na semana.

O consumo de produtos sem glúten mostrou que apenas 3 pessoas consomem 3 vezes na semana e 1 pessoa 1 vez na semana, enquanto que a maioria consome ocasionalmente ou não consomem, 12 e 37 pessoas respectivamente.

Diante da considerável quantidade de pessoas que consomem produtos com fibras e bolos, tornam-se viáveis e necessárias estratégias e opções de substituição e inclusão de fibras neste produto.

#### 4.2.6 Análise sensorial e intenção de compra

As formulações desenvolvidas foram submetidas a análise sensorial e os resultados são apresentados na Tabela 8.

**Tabela 8:** Aceitação sensorial as formulações com substituição da farinha de trigo pela farinha de banana verde e de gordura pela chia hidratada.

Formulação	Sabor	Cor	Textura	Aparência	Aceitação Global
F4	6,11±1,70 <sup>a</sup>	7,13±1,50 <sup>a</sup>	7,09±1,80 <sup>a</sup>	7,02±1,20 <sup>a</sup>	7,13±1,70 <sup>a</sup>
F9	6,92±1,30 <sup>a</sup>	7,09±1,40 <sup>a</sup>	7,08±1,60 <sup>a</sup>	6,98±1,60 <sup>a</sup>	7,00±1,30 <sup>a</sup>
F10	8,00 ±1,30 <sup>a</sup>	8,00±1,50 <sup>a</sup>	7,00 ±1,20 <sup>a</sup>	8,00 ±1,10 <sup>a</sup>	7,00 ±1,00 <sup>a</sup>
FC	7,06±1,10 <sup>a</sup>	7,34±1,10 <sup>a</sup>	7.60±1,00 <sup>a</sup>	7,19±1,00 <sup>a</sup>	7,25±1,00 <sup>a</sup>

Fonte: elaborada pela autora, 2019. FBV: farinha de banana verde. FT: farinha de trigo. F4 e F10: formulações de bolos com 75% de FBV. F9: formulações com 50% de de FBV. F4, F9 e F10: substituição total de lípidos por sementes de chia hidratada. FC: formulação controle, sem adição de FBV, cacau e chia hidratada. Resultados expressos como média ± desvio padrão (n = 3) e para análises de textura (n = 5). Em cada coluna, médias seguidas de letras iguais não diferem significativamente entre si ( $p > 0,05$ ), n = 53 julgadores.

A inclusão da FBV em níveis de 50 e 75% em substituição a FT e o uso da chia hidratada em substituição total a gordura mantiveram a aceitabilidade dos bolos e não foi observada diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as formulações avaliadas.

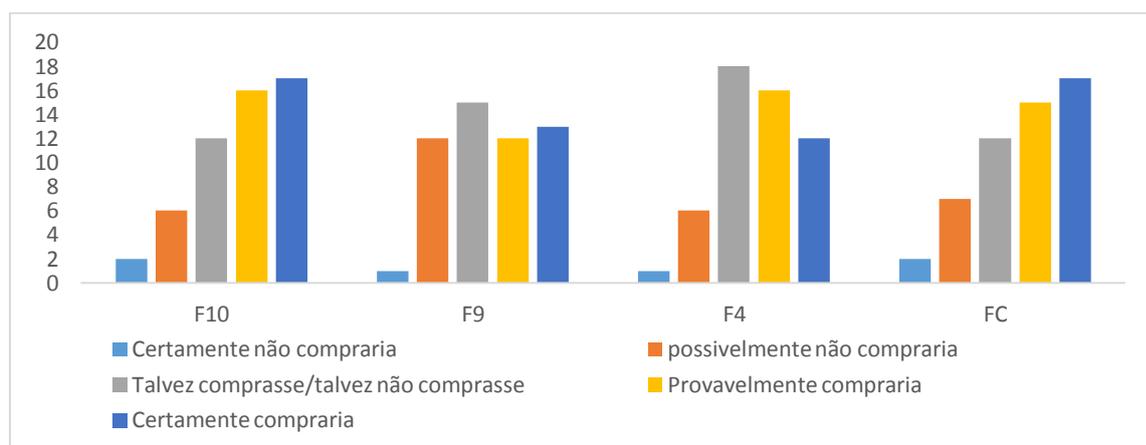
Todas as médias obtidas foram acima de 7 – “gostei moderadamente”, com exceção para a aparência da formulação F9 e sabor para F4 e F9 (Tabela 8). Observa-se a nota 7 -

“gostei moderadamente”, com a maior frequência para textura e aceitação global. Destaca-se que a amostra F10 recebeu nota média igual a 8 - “gostei muito” para sabor, cor e aparência.

No campo destinado aos comentários alguns participantes sinalizaram o produto como “massa leve”, “macio”, “sabor agradável”, “presença de fibras, mas não exagerado”, que indicam motivos da boa aceitação sensorial. Alguns julgadores sinalizaram a amostra F10 como “bem saborosa”, “saborosa e diferente” e “muito boa e agradável”. Também comentaram sobre a amostra F10 e FC como “os mais saborosos”. Alguns participantes destacaram a amostra F4 como “gosto de fermento” e “sabor não tão agradável”.

A intenção de compra do produto também foi avaliada, sendo que os julgadores indicaram em uma escala de 1 - “certamente não compraria” a 5 - “certamente compraria” a possibilidade de compra do produto se disponível no mercado. Os resultados são apresentados na Figura 3.

**Figura 3:** Perfil dos julgadores quanto a intenção de compra das formulações.



Fonte: elaborada pela autora, 2019.

De acordo com a Figura 3, as formulações F10 e FC receberam nota 4,0 (certamente compraria) da maioria dos julgadores, enquanto que a F4 e F9 receberam média 3,0 (talvez comprasse/talvez não comprasse) pela maior parcela de julgadores, indicando que a F10 pode ser utilizada como substituinte da FC, sendo esta aceita pelos consumidores se estivesse disponível para compra.

O estudo de Matos *et al.* (2017) encontrou resultados semelhantes ao constatar que *cookies* elaborados em duas formulações, uma com a adição da farinha da casca da banana verde e canela e outra com a farinha de banana verde obtiveram médias de 7,12 - “gostei regularmente” e 7,50 - “gostei moderadamente”, o que comprova maior aceitação para o produto com a FBV. Fasolin *et al.* (2007) elaboraram biscoitos do tipo *cookies* com 10%,

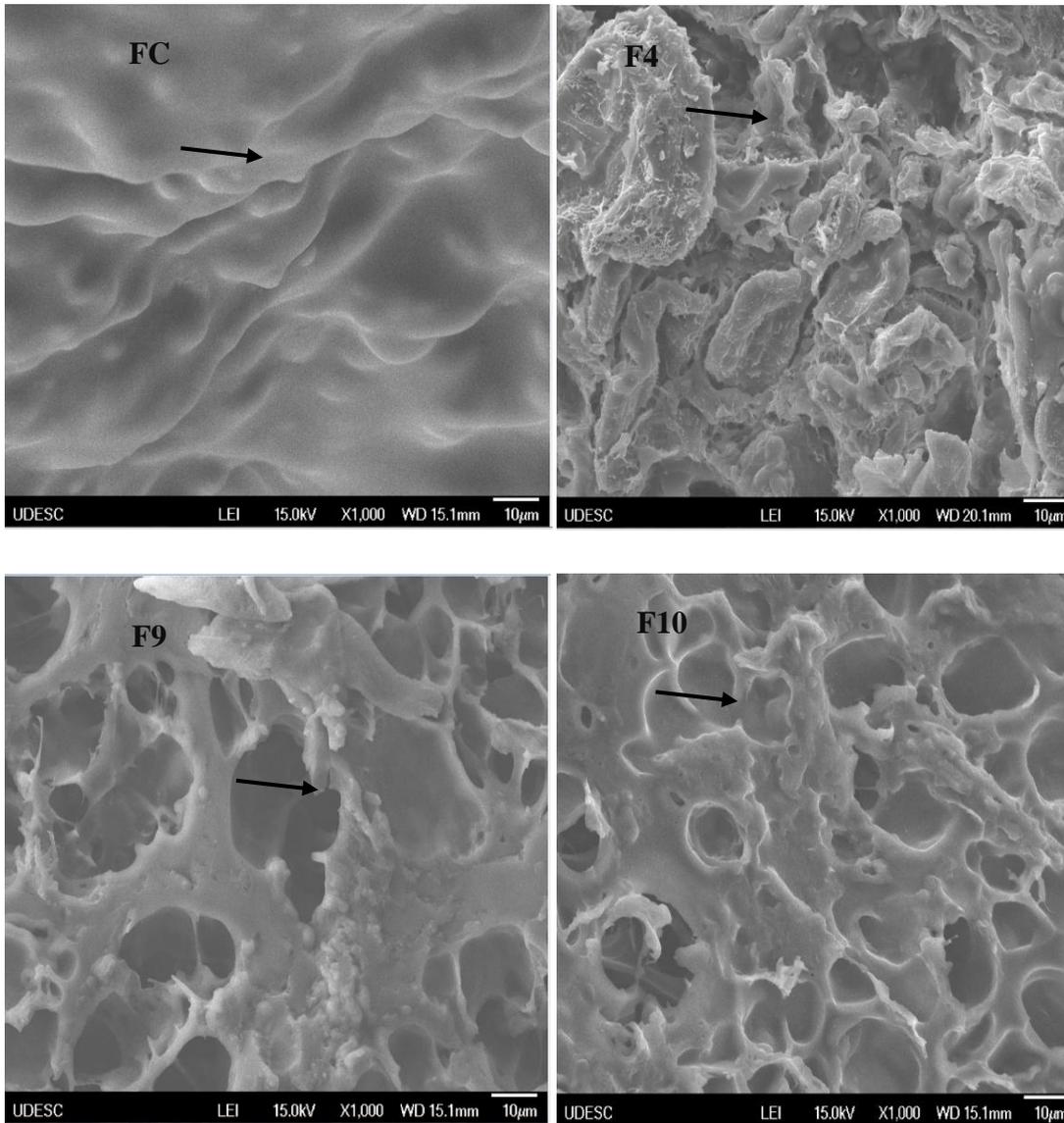
20% e 30% de FBV e ao avaliar os produtos com o público universitário, encontraram as seguintes médias de aceitabilidade sensorial: 10% com 6,77, 20% com 7,17 e 30% com 7,03; a média da preparação padrão foi de 7,17.

A aceitabilidade sensorial de produtos com FBV é vantajosa para seu uso no enriquecimento nutricional de alimentos, por ter uma alta quantidade de amido resistente, melhorando o valor nutricional desse produto (SOUZA *et al.*, 2018). Isso concorda com os resultados obtidos no presente estudo onde houve boa aceitação de bolos com FBV, o que confirma seu potencial como um ingrediente alternativo que oferece um aporte maior de nutrientes.

#### 4.2.7 Microestrutura dos bolos

A partir da análise de microestrutura (MEV) dos bolos foi possível verificar que as amostras com adição de FBV, chia e cacau apresentaram estrutura bastante diferente da amostra FC. Observa-se aumento da porosidade, aumento dos espaços de ar na massa e ruptura da rede de glúten para as formulações com adição de chia e FBV. A estrutura da formulação F4 encontra-se bastante heterogênea em virtude desta formulação apresentar as maiores concentrações de FBV, chia e cacau e as menores de FT (Figuras 4 e 5).

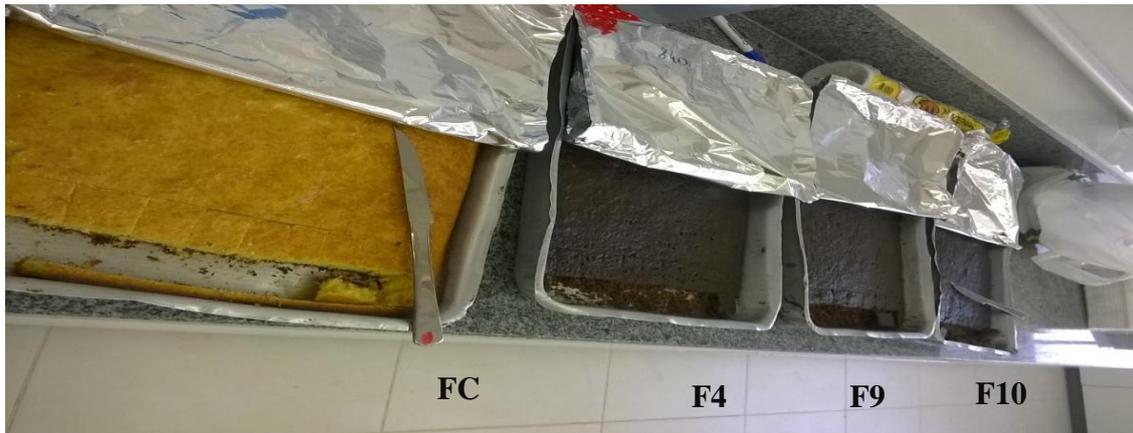
**Figura 4:** Microestrutura eletrônica de varredura das amostras de bolo com aumento de 1000x.



Fonte: elaborada pela autora, 2019. \*FBV: farinha de banana verde. FT: farinha de trigo. F4 e F10: formulações de bolos com 75% de FBV. F9: formulações com 50% de de FBV. F4, F9 e F10: substituição total de lípidos por sementes de chia hidratada. FC: formulação controle, sem adição de FBV, cacau e chia hidratada.

Na Figura 5 a seguir, observa-se que a formulação FC, sem adição de FBV, chia e cacau apresenta uma rede de glúten extensa, coesa, homogênea, com maior elasticidade que contribui para o crescimento da massa.

**Figura 5:** Formulações dos bolos submetidos a análise sensorial.



Fonte: elaborada pela autora, 2019. \*FBV: farinha de banana verde. FT: farinha de trigo. F4 e F10: formulações de bolos com 75% de FBV. F9: formulações com 50% de de FBV. F4, F9 e F10: substituição total de lípidos por sementes de chia hidratada. FC: formulação controle, sem adição de FBV, cacau e chia hidratada.

As demais formulações com adição de FBV em substituição a FT e chia em substituição a gordura tem aumento da porosidade, presença de bolhas de ar, alvéolos irregulares e fissuras na estrutura da massa. A presença das fibras da FBV e da chia podem alterar a formação da rede de glúten e desestabilizar a retenção de ar da massa ocasionando as deformidades presentes (ANDRADE *et al.*, 2018; SEGUNDO *et al.*, 2017).

A formulação F4 possui a maior concentração de açúcar, FBV e cacau e menor de ovos (Tabela 8), o que dificulta a formação da rede de glúten e o desenvolvimento da estrutura da massa (Figura 2). A FBV não possui glúten e por isso afeta a estrutura da massa (MOHAMED; XU; SINGH, 2010). O cacau e o açúcar tendem a aumentar a porosidade da massa, pois absorvem água, aumentam a densidade e reduzem o volume do produto final (FARZI *et al.*, 2015).

A formulação F9 possui a menor concentração de FBV e açúcar e a maior quantidade de cacau e ovos (Tabela 8), o que resultou em aumento do tamanho dos alvéolos da massa (Figura 4). A formulação F10 mostrou menor concentração de açúcar e cacau e maior de FBV e ovos, o que resultou em redução do tamanho e aumento da quantidade dos alvéolos da massa em comparação a formulação F9.

Estes aspectos podem ser relacionados com os resultados de volume e textura das formulações descritas conforme trabalho prévio (em fase de elaboração)<sup>5</sup> onde a formulação F10 apresentou valores mais próximos aos da formulação FC.

#### 4.4 CONCLUSÃO

A inclusão de FBV, chia hidratada e cacau nas formulações pode ser uma alternativa na elaboração de produtos mais saudáveis e nutritivos. O uso destes ingredientes não afetou as características sensoriais do produto, sendo que as formulações desenvolvidas não diferiram da FC. A F10 obteve a melhor média para intenção de compra juntamente com a FC, sendo esta uma alternativa para substituição da FT e da gordura. A microscopia eletrônica de varredura mostrou que as formulações com adição de FBV e chia obtiveram estruturas heterogêneas, com pouca formação de rede de glúten, porosas e com alvéolos irregulares.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A crescente necessidade no consumo de alimentos mais nutritivos, com teores de gordura reduzida ou isentos de determinados ingredientes como açúcar, propicia que indústrias alimentícias e pesquisadores busquem alternativas que contemplem esses produtos. A inclusão de ingredientes com maior teor de fibras, vitaminas e antioxidantes em substituição a ingredientes convencionais, está aliada a busca dos consumidores por alimentos que sejam benéficos à saúde.

A adição de FBV e chia hidratada resultou em firmeza, elasticidade e cor da crosta com efeito positivo para FT, FBV, ovos, chia e açúcar. A atividade de água, volume e força de adesão apresentaram efeito negativo para FT, FBV e açúcar, respectivamente, indicando que uma diminuição destes ingredientes elevaria esses parâmetros. O uso destes ingredientes não afetou as características sensoriais do produto, sendo que as formulações desenvolvidas não diferiram da FC, enquanto que na microscopia eletrônica de varredura observou-se que as formulações com adição de FBV e chia obtiveram estruturas heterogêneas, com pouca formação de rede de glúten, porosas e com alvéolos irregulares.

Desta forma, a inclusão de ingredientes como a FBV, fonte de amido resistente, que age no organismo como fibra alimentar, e a semente da chia que, quando em contato com a água forma um gel e contribui para a estabilidade da estrutura de produtos alimentícios como dispersões e emulsões, são promissoras alternativas para o desenvolvimento de novos produtos, além de substituição e modificação de produtos já existentes, atendendo a demanda pela produção de alimentos mais saudáveis.



## REFERÊNCIAS

- AACCI - AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS INTERNATIONAL. **Approved methods of analysis**, 11. ed. American Association of Cereal Chemistry International, St. Paul, 2016.
- AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of Association of Official Analytical Chemists**, 17. ed. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, 2016.
- AGAMA-ACEVEDO, E.; ISLAS-HERNÁNDEZ, J. J.; PACHECO-VARGAS, G.; OSORIO-DÍAZ, P.; BELLO-PÉREZ, L. A. Starch digestibility and glycemic index of cookies partially substituted with unripe banana flour. **LWT-Food Science and Technology**, v. 46, p. 177-182, 2012.
- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Resolução RDC n. 18, de 30 de abril de 1999. Aprova o Regulamento Técnico que estabelece as diretrizes básicas para análise e comprovação de propriedades funcionais e ou de saúde alegadas em rotulagem de alimentos, constante do anexo desta portaria. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 03 mai. 1999.
- AHMED, J.; AL-JASSAR, S.; THOMAS, L. A comparison in rheological, thermal, and structural properties between Indian Basmati and Egyptian Giza rice flour dispersions as influenced by particle size. **Food Hydrocolloids**, v. 48, p. 72-83, 2015.
- ANDRADE, B. A.; PERIUS, D. B.; DE MATTOS, N. V.; DE MELLO LUVIELMO, M.; MELLADO, M. S. Produção de farinha de banana verde (*Musa spp*) para aplicação em pão de trigo integral. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, p. 1-10, 2018.
- ARAYA-QUESADA, Y.; MORALES-TORRES, A.; WEXLER, L.; VARGAS-AGUILAR, P. Potencial tecnológico de harina de plátano verde con cáscara (*Musa spp*) como sustituto de grasa para geles cárnicos. **Innotec**, v. 9, p. 50-60, 2014.
- ASMAR, S. A.; CASTRO, E. M.; PASQUAL, M.; PEREIRA, F. J.; SOARES, J. D. R. Changes in leaf anatomy and photosynthesis of micropropagated banana plantlets under different silicon sources. **Scientia Horticulturae**, v. 161, p. 328-332, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE BISCOITOS, MASSAS ALIMENTÍCIAS E PÃES E BOLOS INDUSTRIALIZADOS (ABIMAPI). **Abimapi registra crescimento de 50% das exportações em 2017**. Disponível em <http://www.investmentosenoticias.com.br/noticias/negocios/abimapi-registra-crescimentode-50-das-exportacoes-em-2017>. Acesso em: 01 ago. 2018.
- AYERZA, R.; COATES, W. Ground chia seed and chia oil effects on plasma lipids and fatty acids in the rat. **Nutrition Research**, v. 25, n. 11, p. 995-1003, 2005.
- BELLO-PÉREZ, L. A.; MONTEALVO, M. G. M.; ACEVEDO, E. A. Almidón: definición, estructura y propiedades. In: LAJOLO, F.M.; MENEZES, E.W. (org.). **Carboidratos em alimentos regionales iberoamericano**. São Paulo: Edusp, 2006, p. 17-46.
- BELLO-PÉREZ, L. A. Composition, digestibility and application in bread making of banana flour. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 61, p. 131-137, 2006.

BERTOLINI, A.C.; BELLO-PEREZ, L.A.; MONDEZ-MONTEALVO, G.; ALMEIDA, C.A.S.; LAJOLO, F. Rheological and functional properties of flours from banana pulp and peel. **Starch**, v. 62, p. 277–284, 2010.

BEZERRA, C. V.; RODRIGUES, A. M. D. C.; AMANTE, E. R.; SILVA, L. H. M. D. Nutritional potential of green banana flour obtained by drying in spouted bed. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 4, p. 1140-1146, 2013.

BITTANTE, G.; PENASA, M.; CECCHINATO, A. Invited review: Genetics and modeling of milk coagulation properties. **Journal of Dairy Science**, v. 95, p. 6843–6870, 2012.

BORGES, A.M.; PEREIRA, J.; LUCENA, E.M.P. Green banana flour characterization. **Journal of Food Science and Technology**, v. 29, n. 2, p. 333–339, 2009.

CAPITANI, M. I.; SPOTORNO, V.; NOLASCO, S. M.; TOMÁS, M. C. Physicochemical and functional characterization of by-products from chia (*Salvia hispanica L.*) seeds of Argentina. **LWT-Food Science and Technology**, v. 45, n. 1, p. 94-102, 2012.

CASTILHO, F.; FONTANARI, G.G.; BATISTUTA, J.P. Evaluation of some functional properties of sweet lupine flour (*Lupinus albus*) and pigeonpea (*Cajanus cajan (L) Millsp*) and its use in the production of ham. **Food Science and Technology**, v. 30, n. 1, p. 68–75, 2010.

CHOO, C.L.; AZIZ, N.A.A. Effects of banana flour and  $\beta$ -glucan on the nutritional and sensory evaluation of noodles. **Food Chemistry**, v. 119, p. 34-40, 2010.

COELHO, J.; LIMA, M.C. Concentração regional do valor de produção da banana do Paraná, Brasil (1995 a 2010). **Ciência Rural**, v. 43, n. 12, p. 2304-2310, 2013.

CUMMINGS, J. H.; EDMOND, L. M.; MAGEE, E. A. Dietary carbohydrates and health: do we still need the fibre concept? **Clinical Nutrition Supplements**, v. 1, n. 2, p. 5-17, 2004.

DEMIRKESEN, I.; MERT, B.; SUMNU, G.; SAHIN, S. Utilization of chestnut flour in gluten-free bread formulations. **Journal of Food Engineering**, v. 101, n. 3, p. 329-336, 2010.

DHAKA, V.; GULIA, N.; AHLAWAT, K. S.; KHATKAR, B. S. Trans fats-sources, health risks and alternative approach - a review. **Journal of Food Science and Technology**, v. 48, n. 5, p. 534–541, 2011.

ESTELLER, M. S.; YOSHIMOTO, R. D. O.; AMARAL, R. L.; LANNES, S. D. S. Uso de açúcares em produtos panificados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 4, p. 602-607, 2004.

EVANS, E. A.; BALLEEN, F. H. **An overview of global papaya production, trade, and consumption.** Florida: Gainesville, 2012. Disponível em: <https://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/FE/FE91300.pdf>. Acesso em: 01 de out. 2018.

FAMAKIN, O.; FATOYINBO, A.; IJAROTIMI, O. S.; BADEJO, A. A.; FAGBEMI, T. N. Assessment of nutritional quality, glycaemic index, antidiabetic and sensory properties of

plantain (*Musa paradisiaca*) - based functional dough meals. **Journal of food science and technology**, v. 53, n. 11, p. 3865-3875, 2016.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. - **Banana Market Review** - Rome, 2017. Disponível em: [http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM\\_MARKETS\\_MONITORING/Bananas/Documents/web\\_Banana\\_Review\\_2018\\_Final\\_DV.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM_MARKETS_MONITORING/Bananas/Documents/web_Banana_Review_2018_Final_DV.pdf). Acesso em: 01 set. 2018.

FAOSTAT - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Food and agriculture data**. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#home>. Acesso em: 01 de set. 2018.

FARZI, M.; SAFFARI, M. M.; EMAM-DJOMEH, Z. Effects of sugar, starch and HPMC concentrations on textural properties of reduced-sugar sponge cakes. **Journal of Food Science and Technology**, v. 52, p. 444–450, 2015.

FASOLIN, L.H.; ALMEIDA, G.C.; BROWN, P.S.; NETO, E.R.O. Biscuits made with banana flour, chemical evaluation, physical and sensory. **Journal of Food Science and Technology**, v. 27, n. 3, p. 524–529, 2007.

FERNANDES, S. S.; SALAS-MELLADO, M. M. Addition of chia seed mucilage for reduction of fat content in bread and cakes. **Food Chemistry**, v. 227, p. 237-244, 2017.

FENNEMA, O. R.; DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. **Química de Alimentos de Fennema**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

FUENTES, Z. E.; SÁNCHEZ, Z. E.; SSENDRA, E.; SAYAS, E.; NAVARRO, C.; FERNÁNDEZ, L. J.; PÉREZ J. A. Resistant starch as prebiotic: a review. **Starch/Stärke**, v. 63, p. 406-415, 2011.

GARCÍA, J. R.; SALVADOR, A.; HERNANDO, I. Replacing fat and sugar with inulin in Cakes: Bubble size distribution, physical and sensory properties. **Food and Bioprocess Technology**, v. 7, n. 4, p. 964–974, 2014.

GANORKAR, P. M.; JAIN, R. K. Effect of flaxseed incorporation on physical, sensorial, textural and chemical attributes of cookies. **International Food Research Journal**, v. 21, n. 4, p. 1515-1521, 2014.

HASJIM, J.; LEE, S. O.; HENDRICH, S.; SETIAWAN, S.; AI, Y.; JNAE, J.L. Characterization of a novel resistant-starch and its effects on postprandial plasma-glucose and insulin responses. **Cereal Chemistry**, v. 87, p. 257-262, 2010.

HASLINDA, W. H.; CHENG, L. H.; CHONG, L. C.; AZIAH, A. N. Chemical composition and physicochemical properties of green banana (*Musa acuminata* × *balbisiana* Colla cv. *Awak*) flour. **International Journal of Food Science and Nutrition**, v. 60, n. 4, p. 232-239, 2009.

IXTAINA, V. Y.; JULIO, L. M.; WAGNER, J. R.; NOLASCO, S. M.; TOMÁS, M. C. Physicochemical characterization and stability of chia oil microencapsulated with sodium caseinate and lactose by spray-drying. **Powder Technology**, v. 271, p. 26-34, 2015.

IZIDORO, D. R.; SCHEER, A. P.; SIERAKOWSKI, M. R.; HAMINIUK, C. W. I. Influence of green banana pulp on the rheological behaviour and chemical characteristics of emulsions (*mayonnaises*). **LWT- Food Science and Technology**, v. 41, p. 1018-1028, 2009.

JIANG, H.; ZHANG, Y.; HONG, Y.; BI, Y.; GU, Z.; CHENG, L.; LI, C. Digestibility and changes to structural characteristics of green banana starch during in vitro digestion. **Food Hydrocolloids**, v. 49, p. 192-199, 2015.

JUÁREZ-GARCÍA, F.; AGAMA-ACEVEDO, E.; SÁYAGO-AYERDI, S. G.; RODRÍGUEZ-AMBRIZ, S. L.; ARAYA-QUESADA, Y.; MORALES-TORRES, A.; WEXLER, L.; VARGAS-AGUILAR, P. Technological use of green banana flour with shell (*Musa spp*) as a fat substitute for meat models. **Innotec**, v. 1, n. 9, p. 50-60, 2014.

JUARES-GARCIA, E; AGAMA-ACEVEDO, E; SÁYAGO-AYERDI, S. G; RODRIGUEZ-AMBRIZ, S. L.; Bello-Perez, L. A. Composition, digestibility and application in breadmaking of banana flour. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 61, n. 3, p. 131, 2006.

KACZMARCZYK, M. M.; MILLER, M. J.; FREUND, G. G. The health benefits of dietary fiber: beyond the usual suspects of type 2 diabetes mellitus, cardiovascular disease and colon cancer. **Metabolism**, v. 61, n. 8, p. 1058-1066, 2012.

KUMAR, V.; BISWAS, A. K.; SAHOO, J.; CHATLI, M. K.; SIVAKUMAR, S. Quality and storability of chicken nuggets formulated with green banana and soybean hulls flours. **Journal of Food Science and Technology**, v. 50, n. 6, p. 1058-1068, 2013.

MARTINEZ, M. O.; AYERDI, S. S.; AGAMA, E. C.; GONI, I.; BELLO, P. L. A. Unripe banana flour in the ingredient to the increase of carbohydrate indigestible paste. **Food Chemistry**, v. 113, p. 121-126, 2009.

MATOS, M.; BENINCÁ, S. C.; ZANLOURENSI, C. B.; SCHMITT, V. Análise sensorial e nutricional de Brownie com farinha de banana verde. **RBONE-Revista Brasileira de Obesidade, Nutrição e Emagrecimento**, v. 11, n.68, p. 722-730, 2017.

MATOS, M.; BENINCÁ, S. C.; ZANLOURENSI, C. B.; e SCHMITT, V. Sensorial and nutritional analysis of brownie with green banana flour. **RBONE-Revista Brasileira de Obesidade, Nutrição e Emagrecimento**, v. 11, p. 722-730, 2017.

MOHAMED, A.; XU, J.; SINGH, M. Yeast leavened banana-bread: Formulation, processing, colour and texture analysis. **Food Chemistry**, v. 118, p. 620–626, 2010.

MARTÍNEZ-CERVERA, S.; SALVADOR, A.; MUGUERZA, B.; MOULAY, L.; FISZMAN, S. M. Cocoa fibre and its application as a fat replacer in chocolate muffins. **LWT- Food Science and Technology**, v. 44, n.3, p. 729-736, 2011.

MESÍAS, M.; HOLGADO, F.; MÁRQUEZ-RUIZ, G.; MORALES, F. J. Effect of sodium replacement in cookies on the formation of process contaminants and lipid oxidation. **LWT- Food Science and Technology**, v. 62, n. 1, p. 633-639, 2015.

MUÑOZ, L. A.; COBOS, A.; DIAZ, O.; AGUILERA, J. M. Chia seeds: microstructure, mucilage extraction and hydration. **Journal of food Engineering**, v. 108, n. 1, p. 216-224, 2012.

MUYONGA, J. H.; RAMTEKE, R. S.; EIPESON, W. E. Predehydration steaming changes physicochemical properties of unripe banana flour. **Journal of food processing and preservation**, v. 25, n. 1, p. 35-47, 2001.

NUGENT, A. P. Health properties of resistant starch. **Nutrition Bulletin**, v. 30, n. 1, p. 27-54, 2005.

ODENIGBO, A. M.; ASUMUGHA, V. U.; UBBOR, S.; NGADI, M. In vitro starch digestibility of plantain and cooking-banana at ripe and unripe stages. **International Food Research Journal**, v. 20, n. 6, p. 3027-3031, 2013.

OLIVEIRA, D. A. S. B.; MÜLLER, P. S.; FRANCO, T. S.; KOTOVICZ, V.; WASZCZYNSKYJ, N. Avaliação da qualidade de pão com adição de farinha e purê da banana verde. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 3, p. 699-707, 2015.

OLIVEIRA, L. N.; GERASEEV, L. C.; DUARTE, E. R.; ABDALLA, A. L. Chemical composition, degradability and methane emission potential of banana crop residues for ruminants. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v. 17, n. 2, p. 197-206, 2014.

OLIVOS-SUAREZ, A. I.; SZÉCSÉNYI, A.; HENSEN, E. J.; RUIZ-MARTINEZ, J.; PIDKO, E. A.; GASCON, J. Strategies for the direct catalytic valorization of methane using heterogeneous catalysis: challenges and opportunities. **ACS Catalysis**, v. 6, n. 5, p. 2965-2981, 2016.

OLIVOS-LUGO, B. L.; VALDIVIA-LÓPEZ, M. Á.; TECANTE, A. Thermal and physicochemical properties and nutritional value of the protein fraction of Mexican chia seed (*Salvia hispanica* L.). **Food Science and Technology International**, v. 16, n. 1, p. 89-96, 2010.

OVANDO-MARTINEZ, M.; SÁYAGO-AYERDI, S.; AGAMA-ACEVEDO, E.; GOÑI, I.; BELLO-PÉREZ, L. A. Unripe banana flour as an ingredient to increase the undigestible carbohydrates of pasta. **Food Chemistry**, v. 113, n. 1, p. 121-126, 2009.

O'SULLIVAN, M. G. Sensory properties of bakery and confectionary products. In: O'SULLIVAN, M. G. **A handbook for sensory and consumer-driven new product development**. Sawston, Woodhead, 2017, p. 305-324.

PACHECO-DELAHAYE, E.; MALDONADO, R.; PÉREZ, E.; SCHROEDER, M. Production and characterization of unripe plantain (*Musa paradisiaca* L.) flours. **Interciencia**, v. 33, n. 4, p. 290-296, 2008.

PIZARRO, P. L.; ALMEIDA, E. L.; SAMMÁN, N. C.; CHANG, Y. K. Evaluation of whole chia (*Salvia hispanica* L.) flour and hydrogenated vegetable fat in pound cake. **LWT-Food Science and Technology**, v. 54, n. 1, p. 73-79, 2013.

RAMOS, D. P.; LEONEL, M.; LEONEL, S. Resistant starch in green banana flour/Amido resistente em farinhas de banana verde. **Alimentos e Nutrição**, v. 20, n. 3, p. 479-484, 2009.

RANIERI, L. M.; DELANI, T. C. D. O. Banana verde (*Musa spp*): obtenção da biomassa e ações fisiológicas do amido resistente - Review. **Revista UNINGÁ**, v. 20, n. 3, p. 43-49, 2018.

RODRIGUES, M. I.; IEMMA, A. F. **Experimental design and process optimization**. Boca Raton, CRC Press, 2014. *E-book*. Disponível em:

<https://www.crcpress.com/Experimental-Design-and-Process-Optimization/Rodrigues-Iemma/p/book/9781482299557>. Acesso em: 01 out. 2018.

SANTOS VIEIRA, T.; FREITAS, F. V.; SILVA, L. A. A.; BARBOSA, W. M.; DA SILVA, E. M. M. Efeito da substituição da farinha de trigo no desenvolvimento de biscoitos sem glúten/Effect of wheat flour substitution on the development of gluten-free cookies. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 18, n. 4, 285-292, 2015.

SAJILATA, M. G.; SINGHAL, R. S.; KULKARNI, P. R. Resistant starch – a review. **Comprehensive reviews in food science and food safety**, v. 5, n.1, p. 1-17, 2006.

SAVLAK, N.; TÜRKER, B.; YEŞILKANAT, N. Effects of particle size distribution on some physical, chemical and functional properties of unripe banana flour. **Food Chemistry**, v. 213, p. 180-186, 2016.

SCHEUER, P. M.; FRANCISCO, A. D.; MIRANDA, M. D.; LIMBERGER, V. M. Trigo: Características e utilização na panificação. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 13, n. 2, p. 211-222, 2011.

SCHEEN, A. J.; VAN GAAL, L. F. Combating the dual burden: Therapeutic targeting of common pathways in obesity and type 2 diabetes. **The Lancet Diabetes e Endocrinology**, v. 2, n. 11, p. 911–922, 2014.

SCHIRMER, M.; HÖCHSTÖTTER, A.; JEKLE, M.; ARENDT, E.; BECKER, T. Physicochemical and morphological characterization of different starches with variable amylose/amylopectin ratio. **Food Hydrocolloids**, v. 32, n. 1, p. 52-63, 2013.

SEGUNDO, C.; ROMÁN, L.; GÓMEZ, M.; MARTÍNEZ, M. M. Mechanically fractionated flour isolated from green bananas (*M. cavendishii* var. nanica) as a tool to increase the dietary fiber and phytochemical bioactivity of layer and sponge cakes. **Food Chemistry**, v. 219, p. 240-248, 2017.

SIRO, I.; KÁPOLNA, E.; KÁPOLNA, B.; LUGASI, A. (2008). Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance—A review. **Appetite**, v. 51, n. 3, p. 456-467, 2008.

SOUZA, N. C. O.; DE OLIVEIRA, L. D. L.; DE ALENCAR, E. R.; Moreira, G. P.; DOS SANTOS LEANDRO, E.; GINANI, V. C.; ZANDONADI, R. P. Textural, physical and sensory impacts of the use of green banana puree to replace fat in reduced sugar pound cakes. **LWT-Food Science and Technology**, v. 89, p. 617-623, 2018.

TALUKDER, S.; SHARMA, D. P. Development of dietary fiber rich chicken meat patties using wheat and oat bran. **Journal of food science and technology**, v. 47, n. 2, p. 224-229, 2010.

TESTER, R. F.; KARKALAS, J.; QI, X. Starch — composition, fine structure and architecture. **Journal of cereal Science**, v. 39, n. 2, p. 151-165, 2004.

TOKUŞOĞLU, Ö.; ÜNAL, M. K.; YILDIRIM, Z. HPLC-UV and GC-MS characterization of the flavonol aglycons quercetin, kaempferol, and myricetin in tomato pastes and other tomato-based products. **Acta Chromatogrica**, v. 13, p. 196-207, 2003.

TRIBESS, T. B.; HERNÁNDEZ-URIBE, J. P.; MÉNDEZ-MONTEALVO, M. G. C.; MENEZES, E. W.; BELLO-PEREZ, L. A.; TADINI, C. C. Thermal properties and resistant starch content of green banana flour (*Musa cavendishii*) produced at different drying conditions. **LWT-Food Science and Technology**, v. 42, n. 5, p. 1022-1025, 2009.

VERNAZA, M. G.; GULARTE, M. A.; CHANG, Y. K. Addition of green banana flour to instant noodles: rheological and technological properties. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1157-1165, 2011.

WANG, Y.; ZHANG, M.; MUJUMDAR, A. S. Influence of green banana flour substitution for cassava starch on the nutrition, color, texture and sensory quality in two types of snacks. **LWT-Food Science and Technology**, v. 47, n. 1, p. 175-182, 2012.

WILDERJANS, E.; LUYTS, A.; GOESAERT, H.; BRIJS, K.; DELCOUR, J. A. A model approach to starch and protein functionality in a pound cake system. **Food Chemistry**, v. 120, n. 1, p. 44-51, 2010.

YANGILAR, F. Effects of green banana flour on the physical, chemical and sensory properties of ice cream. **Food technology and biotechnology**, v. 53, n. 3, p. 315-323, 2015.

ZANDONADI, R. P.; BOTELHO, R. B. A.; GANDOLFI, L.; GINANI, J. S.; MONTENEGRO, F. M.; PRATESI, R. Green banana pasta: an alternative for gluten-free diets. **Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics**, v. 112, n. 7, p. 1068-1072, 2012.

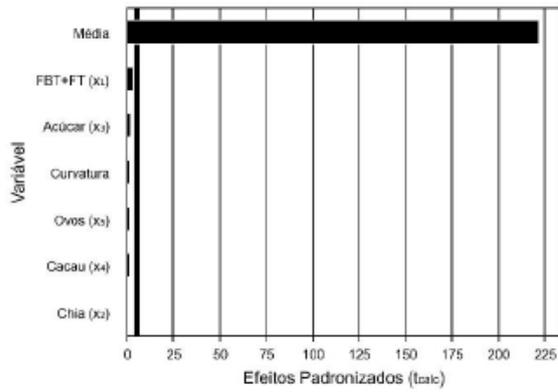
ZHANG, G.; VENKATACHALAM, M.; HAMAKER, B. R. Structural basis for the slow digestion property of native cereal starches. **Biomacromolecules**, v. 7, n. 11, p. 3259-3266, 2006.

ZHANG, H.; HONG, Y.; GU, Z.; WANG, Z. Starch digestibility and the influence factors in three grain flour. **Food and Fermentation Industries**, v. 38, p. 26-31, 2012.

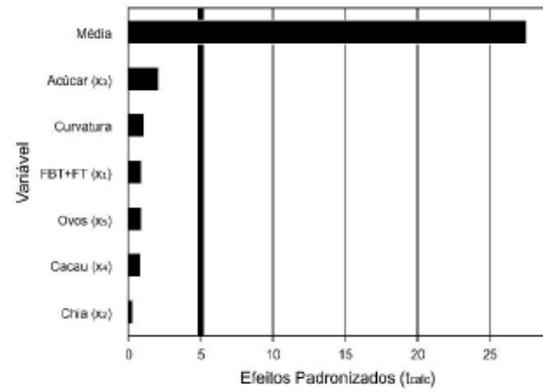


**APÊNDICE – GRÁFICOS DE PARETO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS AVALIADOS.**

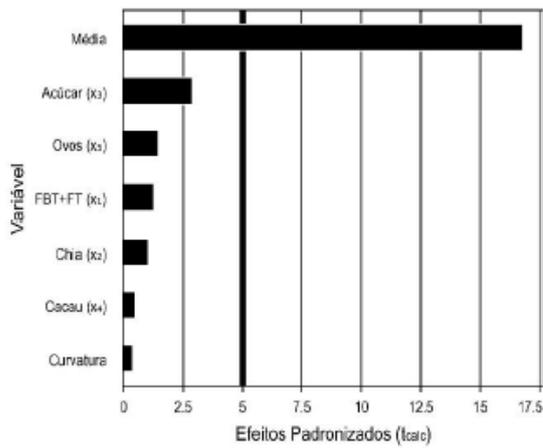
**Aw**



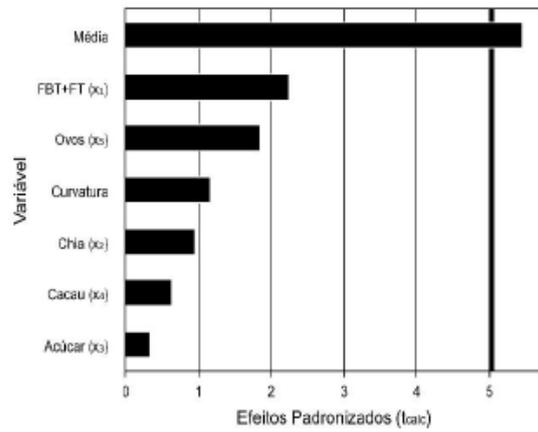
**Umidade**



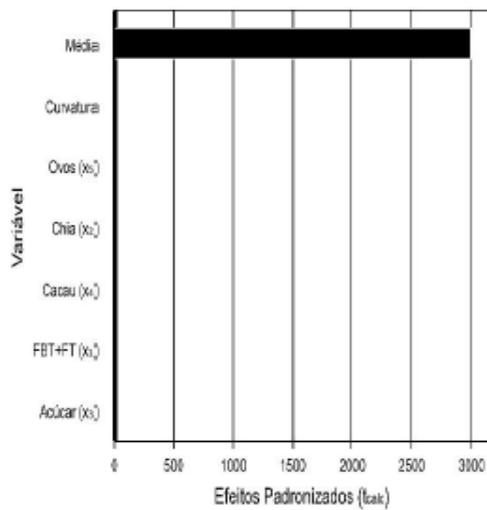
**Volume**



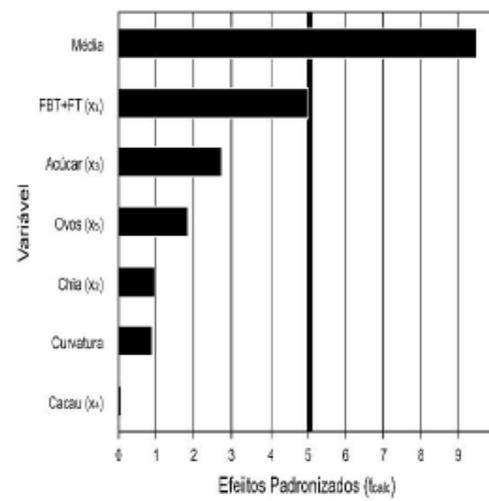
**Dureza**



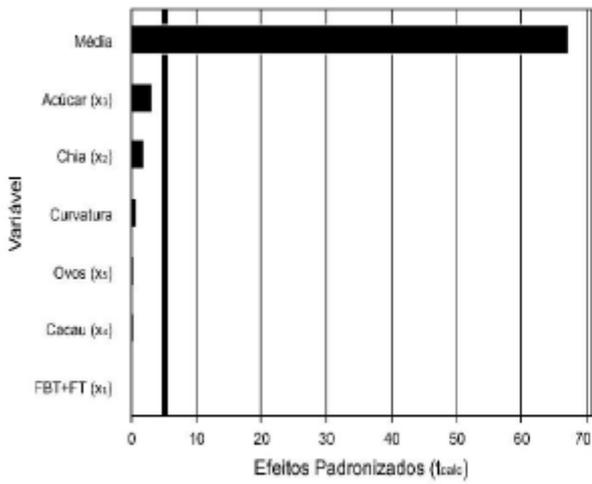
**Deformação**



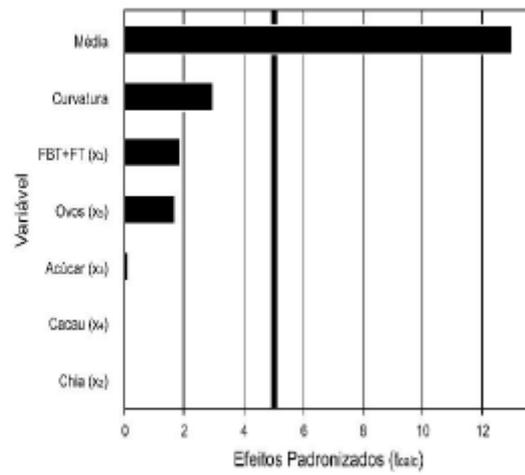
**Força de adesão**



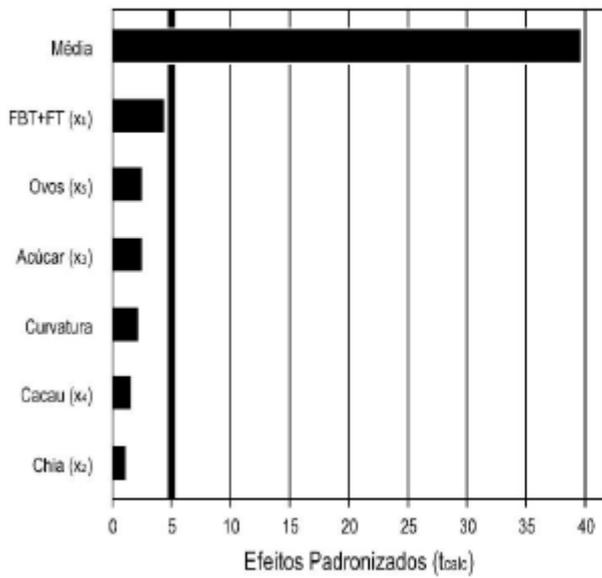
Elasticidade



Mastigabilidade



Cor da crosta



Cor do miolo

