



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

OBTENÇÃO DE MISTURA PARA BOLO A PARTIR DA BIOMASSA DE BANANA VERDE PELO PROCESSO DE LIOFILIZAÇÃO

ANA NERY ALVES MARTINS PEREIRA LEITE

Campina Grande - PB

Fevereiro de 2018

ANA NERY ALVES MARTINS PEREIRA LEITE

**OBTENÇÃO DE MISTURA PARA BOLO A PARTIR DA BIOMASSA DE BANANA
VERDE PELO PROCESSO DE LIOFILIZAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

ORIENTADORA: Profa. Dra. Ana Paula Trindade Rocha

Área de Concentração: Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas

Campina Grande - PB

Fevereiro de 2018

*A DEUS, presença constante em meu
caminho. Aos meus amores, meus pais,
Manoel e Neves, minhas filhas Klescyany,
Ana Carolyn e meu esposo Cícero.*

Dedico

Agradecimentos

Inicialmente meu agradecimento a Deus. Obrigado por me inspirar a cada dia, dando-me a coragem, força e resiliência que muitas vezes necessitei para continuar trilhando os caminhos do conhecimento.

Agradeço ao meu pai Manoel por ter sido meu contínuo apoio em todos esses anos, da sua maneira simples mas sempre ensinando-me, principalmente, a importância da formação e a coerência de meus próprios valores. Orgulho-me de ter a oportunidade de ter-te como pai.

A minha mãe Neves, na terra não há tesouros comparáveis a sua sabedoria, obrigado por acreditar no meu potencial, por me apoiar quando pensei em desistir, por todas as orações, todas as vezes que a Senhora esteve de joelhos, me manteve de pé. Amo-te.

A minha vó Maria e ao meu Tio José que desde a minha infância ocuparam um papel tão crucial e importante na minha vida, sempre acompanhando-me na vida e em minha formação.

Ao meu esposo Cícero, por todo amor, companheirismo e paciência nas horas mais difíceis. Por estar ao meu lado em todos os momentos e por ter sido meu braço direito durante toda a pesquisa. Te amo!

As minha filhas, Klescyany e Ana Carolyna, peço perdão pela ausência, pelos momentos que não pude inteiramente ser mãe, espero que o exemplo seja seguido por elas.

Aos meus irmãos Angélica, Neury Jane, José Augusto, Lucas e Andreza por todos os momentos de descontração e a felicidade de podermos nos alegrarmos e estarmos unidos sempre.

A meu irmão Jorge Jacó Alves Martins agradeço imensuravelmente por todo incentivo, por acreditar que esse projeto seria possível estando presente desde o início desta jornada, o meu Obrigada!

Não poderia esquecer meus queridos sobrinhos Arthur, Ezequiel, Tatiana, Davi e Ana Angélica, vocês tornam meus dias mais alegres.

A minha orientadora, Dra. Ana Paula, pelos ensinamentos e confiança depositada. Foi um privilégio trabalhar ao seu lado contribuindo para minha formação profissional.

Aos professores da banca examinadora, por reservarem um pouco do seu tempo na dedicação a este trabalho.

À Universidade Federal de Campina Grande e ao Programa de Pós Graduação em Engenharia de Engenharia Agrícola, pela oportunidade de formação e crescimento.

Agradeço a Capes pela (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão de bolsa durante todo o período de realização deste mestrado.

Aos professores, funcionários, alunos e companheiros de laboratório da Unidade Acadêmica de Engenharia de Alimentos pela disponibilidade dos laboratórios para realização de parte dos experimentos.

Peço perdão por que não é possível citar a todos as pessoas, mas agradeço a todos que participaram deste projeto direta e indiretamente, certamente, não seria possível sem vocês em minha vida. Deus abençoe a todos.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	iii
LISTA DE TABELAS.....	iv
RESUMO.....	v
ABSTRACT	vi
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Banana	3
2.2 Biomassa de banana verde.....	5
2.3 Secagem por Liofilização	6
2.4 Mistura para bolo.....	7
2.5 Alternativas para substituição da farinha de trigo em alimentos.....	8
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	11
CAPÍTULO I - EFEITO DA CONCENTRAÇÃO DE CASCA NAS PROPRIEDADES DA MISTURA PRONTA PARA BOLO DE BANANA VERDE.....	17
1. INTRODUÇÃO.....	19
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	21
2.1.Materiais	21
2.1.1. Banana verde	21
2.1.2. Produção da biomassa de banana verde	21
2.1.3. Obtenção da mistura pronta para bolo (MPB).....	21
2.2. Métodos	22
2.2.1 Caracterização das misturas prontas.....	22
2.2.2. Perfil colorimétrico das misturas prontas para bolo	22
2.2.3 Densidade aparente e densidade compactada	23
2.2.4 Índice de Carr (fluidez) e relação de Hausner (compactabilidade)	23
2.2.5. Índice de solubilidade em água e índice de absorção de água.....	23
2.2.6. Capacidade de retenção de óleo.....	24
3. 3. RESULTADOS E DISCURSSÃO	25
4. CONCLUSÃO.....	34
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35

CAPÍTULO II - ELABORAÇÃO DE BOLO SEM GLUTEN A PARTIR DE MISTURA PRONTA LIOFILIZADA	40
1. INTRODUÇÃO.....	42
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	44
2.1. Materiais	44
2.2. Métodos	44
2.2.1. Obtenção das misturas prontas para bolo	44
2.2.2. Preparo do bolo.....	44
2.2.3. Propriedades reológicas da massa	45
2.2.4. Propriedades físicas dos bolos.....	46
2.2.5. Análise microbiológica.....	46
2.2.6. Análise sensorial dos bolos.....	46
2.2.7 Análise estatística	47
3. RESULTADOS E DISCURSSÃO	48
4. CONCLUSÕES	55
4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
ANEXO – I - <u>P</u> EDIDO NACIONAL DE INVENÇÃO, MODELO DE UTILIDADE, CERTIFICADO DE ADIÇÃO DE INVENÇÃO E ENTRADA NA FASE NACIONAL DO PCT.....	62
ANEXO – II - <u>F</u> ICHA PARA TESTE DE ACEITAÇÃO	64
ANEXO – II - <u>T</u> ERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	66

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Retrata uma bananeira e um cacho de banana da cultivar Pacovan.....	4
Figura 2. Escala de maturação de Von Loesecke (PBMH & PIF, 2006).	5
Figura I.1. Fotomicrografias obtidas por microscopia eletrônica de varredura (MEV) para as misturas prontas para bolo de banana verde fitomicrografia com aumento de 100 e 1000 vezes.....	27
Figura II.1. Comportamento reológico das três formulações de mistura para bolo reconstituídas com ajuste do modelo Ostwald-de-Waelle	52

LISTA DE TABELAS

Tabela I.1. Valores médios das análises físicas e químicas das misturas para bolo com diferentes proporções de polpa e casca de banana verde.	25
Tabela I.2. Valores médios da análise colorimétrica das misturas para bolo com diferentes proporções de casca.....	28
Tabela I.3. Valores médios para densidade aparente (ρ_{aparente}), densidade compactada ($\rho_{\text{compactada}}$), índice de Carr (IC) e fator de Hausner (FH) das misturas para bolo com diferentes proporções de casca.....	30
Tabela I.4. Valores médios para o índice de solubilidade em água (ISA), índice de absorção em água (IAA) e a capacidade de retenção de óleo (CRO) das misturas para bolo com diferentes proporções de casca.....	32
Tabela I.5. Modelos reológicos ajustados aos reogramas das misturas para bolo.	45
Tabela II.1. Análise de variância para misturas para bolo reconstituídas.....	48
Tabela II.2. Valores médios das viscosidades aparentes (Pa.s) para misturas para bolo reconstituídas.....	48
Tabela II.3. Parâmetros dos modelos reológicos ajustados aos dados experimentais das misturas para bolo reconstituídas seus coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P).	49
Tabela II.4. Valores médios das características físicas dos bolos.....	52
Tabela II.5. Resultado das análises microbiológicas dos bolos.....	53
Tabela II.6. Valores médios das características físicas dos bolos.....	54

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo produzir uma mistura para bolo sem glúten, sabor chocolate, em pó a partir da biomassa de banana verde. As bananas verdes foram submetidas a cocção e após esse processo foram produzidos três tipos de biomassa com adição de água na proporção de 1:2 (v/m): a biomassa polpa, utilizando apenas a polpa, a biomassa integral utilizando casca e polpa e a terceira biomassa composta por 50% de casca e 50% de polpa. A partir das biomassas foram elaborados três formulações de mistura para bolo: formulação apenas com biomassa polpa (MPB1); formulação com biomassa integral (MPB2) e formulação com 50% da biomassa polpa e 50% da biomassa integral (MPB3). Em cada formulação junto a biomassa foi adicionado açúcar demerara, amido e cacau em pó e homogeneizada, em seguida submetidas ao congelamento em freezer a -18°C por 48 horas, logo após foram liofilizadas. Após o processo de liofilização e trituração para obtenção dos pós adicionou-se fermento químico e armazenou-se as misturas para bolo liofilizadas em embalagens laminadas. Os pós foram caracterizados quanto aos parâmetros físicos e químicos. Em seguida as misturas foram reconstituídas individualmente adicionando-se leite, ovos e gordura vegetal e analisadas quanto as propriedades reológicas. Logo após foram assados, depois resfriados por 60 min, embalados e armazenados em sacos plásticos codificados. Os bolos foram submetidos a análise sensorial, perfil de textura e análises microbiológicas.

Palavras-chave: *musa spp* farinha; alimento funcional; doença celíaca;

ABSTRACT

This work aimed to produce a gluten free cake mix, chocolate flavor, powder from the biomass of green bananas. Green bananas were subjected to cooking and after this process were produced three types of biomass with addition of water at a rate of 1:2 (v/m): biomass pulp, using only the pulp, the integral using bark and pulp biomass and biomass composed of 50% 50% pulp and peel. From the biomasses were drafted three cake mixture formulations: formulating with only biomass pulp (robertbafaro); formulation with integral biomass (MPB2) and formulation with 50% of the biomass pulp and 50% of the biomass (MPB3). In each formulation along the biomass was added demerara sugar, starch and cocoa powder and homogenized, then subjected to freezing in freezer to -18° C for 48 hours, soon after were freeze dried. After the process of freeze drying and milling for the production of powders added baking powder and store the lyophilized cake mixes in laminated packaging. The powders were characterized as physical and chemical parameters. Then the mixtures were reconstituted individually by adding milk, eggs and vegetable fat and analyzed how the rheological properties. Soon after, roasted, then cooled by 60 min, packaged and stored in plastic bags. The cakes were subjected to sensory analysis, microbiological analysis and texture profile.

Keywords: *musa spp*; flour; storage;

1 INTRODUÇÃO

Nos dias atuais um dos grandes desafios para a indústria de alimentos, é desenvolver produtos que atendam às necessidades de consumidores que buscam alimentos que possuam quatro características: conveniência, autenticidade, prazer e saúde. A mudança de hábitos na rotina das famílias brasileiras tem forçado as pessoas a utilizarem alimentos de preparo rápido, mas sem ocorrer a perda da confiança na segurança e satisfação propiciadas por esse ato. A abundância na variedade de alimentos processados e pré-preparados vem modificando dramaticamente nossa dieta.

Com o avanço da ciência e tecnologia, muitas doenças contagiosas estão sendo controladas, porém, a população encontra-se exposta a novas ameaças, que estão surgindo devido aos maus hábitos alimentares e o sedentarismo.

A doença celíaca é uma intolerância à ingestão de glúten em indivíduos geneticamente predispostos, caracterizada por um processo inflamatório que envolve a mucosa do intestino delgado, levando a atrofia das vilosidades intestinais, má absorção e uma variedade de manifestações clínicas (NAIK; SEIDNER; ADAMS, 2018).

O tratamento da doença celíaca é fundamentalmente dietético. Consistente na exclusão do glúten, termo utilizado para descrever frações proteicas encontradas no trigo, centeio, cevada, aveia e em seus derivados. Celíacos relatam que a oferta de alimentos sensorialmente apropriados é restrita, tornando a dieta monótona, já que são obrigados a abolir de sua alimentação produtos comuns como macarrão, pães, bolos, bolachas, entre outros (FOSCHIA et al., 2016).

A substituição do glúten é hoje uma das questões desafiadoras para a ciência e tecnologia de alimentos, e o desenvolvimento de alimentos alternativos com idênticas características de qualidade dos produtos que contenham glúten é um ponto crucial (VICI et al., 2016).

A polpa da banana verde quando cozida (biomassa) não apresenta sabor e contém alto teor de amido, baixo teor de açúcar e compostos aromáticos. Também é rica em flavonoides, que atuam como protetores da mucosa gástrica, e apresenta alto conteúdo de amido resistente, que atua no organismo como fibra alimentar, sendo assim, é uma opção para a substituição de espessantes tradicionais como trigo, soja, fécula de mandioca e amido de milho (BATISTA et al., 2017).

Diante do grande potencial da banana verde como matéria-prima, a produção de uma mistura para bolo a partir da biomassa de banana verde pelo processo de liofilização disponibilizará no mercado mais uma opção de alimento e, podendo ser alternativa vantajosa, principalmente para as pessoas que sofrem de intolerância ao glúten. Diante de seu caráter inédito, este trabalho gerou um depósito de pedido de patente BR 10 2017 018785 3 no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (ANEXO I).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Banana

A bananeira (*Musa spp.*) é considerada uma das fontes alimentares mais importantes do mundo, ocupando a segunda posição na produção mundial de frutas. De acordo com Vu, Scarlett e Vuong (2018) seu fruto possui grande consumo mundial devido ao seu valor nutricional e características organolépticas podendo ser processada, frita, cozida e consumida *in natura*.

Segundo FAO (2017) o Brasil é o quinto maior produtor de banana do mundo, destacando-se nas primeiras colocações o Equador, Filipinas, China e Índia, respectivamente. No território brasileiro anualmente são destinadas 481 mil hectares de área para o cultivo desta espécie, obtendo-se um rendimento de 14,35 t.ha⁻¹. De acordo com Salomão et al. (2016), algumas áreas do país destacam-se na produção de banana como: norte de Minas Gerais, sudoeste e Vale do São Francisco; na Bahia, Vale do Ribeira; no Estado de São Paulo, litoral norte e Vale do Itajaí; em Santa Catarina; e Vale do Açu, no Rio Grande do Norte.

Na Paraíba o cultivo da espécie tem ocupado mais de 10.000 hectares, principalmente na mesorregião agreste (PIRES et al., 2014). As cultivares prata-comum, prata-comprida, maçã, nanica e nanição ocupam apenas 5% do cultivo paraibano, sendo o restante preenchido pela cultivar Pacovan, proveniente do grupo genômico AAB, que é resultado de uma mutação da banana Prata, seus frutos são quase 40 % maiores, conferindo-lhe uma produtividade 100% superior à da cultivar Prata (GARRUTI et al., 2012).

A bananeira da cultivar Pacovan apresenta porte alto vigoroso atingindo até 8,0 m de altura, o que a torna exposta ao tombamento pela ação dos ventos. Os cachos são cônicos, com massa de 16 Kg e 7,5 pencas, em média. Os frutos são grandes, com quinas salientes (mesmo quando maduros) e casca grossa, pesando em média 122 g, o sabor destaca-se por ocorrer com intensidade inferior ao da banana Prata e sua polpa apresenta-se ácida. Esta variedade é menos suscetível a algumas pragas como nematoides, moleque-da-bananeira e a condições adversas de estiagem. Porém, é susceptível à Sigatoka amarela, a Sigatoka negra e ao Moko, moderadamente susceptível ao Mal-do-panamá (WEBER et al., 2017).

Os frutos da Pacovan apresentam uma composição centesimal composta por 77,7% de umidade; Proteínas 1,2%; lipídios 0,1%; carboidratos 20,3%, fibra alimentar 2%, Cálcio

0,005%, Magnésio 0,030%, Manganês 0,00041%, Fósforo 0,02%, Potássio 0,267% (TACO, 2011).

Figura 1. Retrata uma bananeira e um cacho de banana da cultivar Pacovan

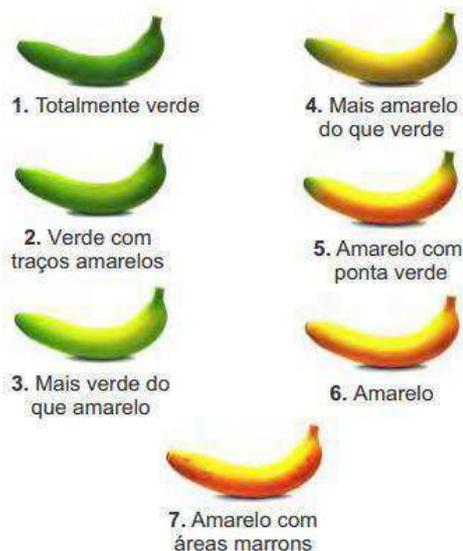


Para Oliveira et al. (2015) a banana é uma fruta de boa aceitação graças a seus aspectos sensoriais, preço acessível a todas as classes da sociedade, disponibilidade no mercado e valores nutricionais, sendo considerada também excelente fonte energética, devido à ocorrência de carboidratos e minerais, como o potássio, e vitaminas em sua composição química.

O fruto da bananeira passa por quatro fases de desenvolvimento: crescimento, maturação, amadurecimento e senescência. A maturação fisiológica define-se como o momento em que o fruto atingiu seu tamanho e peso máximo, porém não possui características desejáveis de comercialização, sua maturação ocorre naturalmente tornando-o próprio ao consumo humano.

Nesta perspectiva, de acordo com a cor da casca as bananas podem ser classificadas em sete estádios de maturação como mostra a Figura 2.

Figura 2. Escala de maturação de Von Loesecke (PBMH & PIF, 2006).



No estágio de maturação verde, a banana não é consumida, principalmente devido à típica dureza e a sua elevada adstringência, ocasionada pela presença de compostos fenólicos solúveis (taninos) (SILVA; BARBOSA JUNIOR; BARBOSA, 2015). Com o decorrer do processo de amadurecimento, o amido é degradado, ocorre a redução da acidez, o crescimento do índice de açúcar é observado através da doçura, caracterizando o amadurecimento do fruto.

De acordo com Yuan et. al. (2017) foi constatado que durante o amadurecimento dos frutos, observa-se mudanças nas variações na coloração da casca das bananas, possivelmente, estariam relacionadas com processos degradativos relacionados ao metabolismo respiratório dos frutos e a redução do teor de clorofila durante o armazenamento.

2.2 Biomassa de banana verde

A biomassa de banana verde, é um produto obtido através do processo de cocção e extrusão das bananas verdes, data de meados dos anos 90 e tem sido estudada para a produção de biomassa da polpa e biomassa da casca (CASTELO-BRANCO et al., 2017).

A transformação de bananas verdes em biomassa é de grande interesse devido à disponibilidade da matéria-prima durante todo o ano nas regiões produtoras (PIRES, et al., 2014). Após a colheita do fruto, mesmo no estágio 1 de maturação, a degradação e maturação da banana ocorre em um período de tempo consideravelmente curto e a industrialização deste produto é uma alternativa para minimizar as perdas pós-colheita, para aumentar o tempo de vida de prateleira, para o aproveitamento de excedentes de produção e agregar valor econômico 5

ao seu cultivo. Consequentemente, a obtenção de farinhas é a principal alternativa para assegurar a utilização dos frutos verdes pela indústria de alimentos (SARAWONG et al., 2014).

Para Bezerra et al. (2013a) a banana destaca-se por ter um elevado teor de amido/amido resistente e baixo teor de açúcar, podendo ser consumida pura ou incorporada a alimentos, merecendo interesse industrial para o desenvolvimento de novos produtos, principalmente no setor de panificação e massas, em substituição total ou parcial do trigo, que no Brasil, em sua maioria é proveniente de importação.

Nas condições patológicas, principalmente patologias como constipação e diarreia, a banana verde atua como agente normalizador das funções do cólon, pois estimula a proliferação de bactérias *acidophilus* benéficas em seres humanos, a sua ingestão é recomendada em casos de colite, colite ulcerativa, úlcera gástrica, uremia, nefrite, gota, doenças cardiovasculares e doença celíaca. (BEZERRA et al., 2013b).

Nos últimos anos, o consumidor tem desenvolvido o interesse crescente nos alimentos funcionais, que proporcionem além das funções nutricionais básicas, quando consumido como parte da dieta usual, surtem efeitos metabólicos e/ou fisiológicos e/ou benéficos à saúde. Entretanto, apenas nos últimos anos que o fruto verde tem despertado interesse do mercado consumidor, pois, além do seu valor nutricional, com quantidades consideráveis de vitaminas B e C, bem como sais minerais, como potássio e cálcio (SILVA et al., 2015), destacam-se a presença de amido resistente (ANDRADE et al., 2018), fitoesteróis, capacidade antioxidante (WANG; ZHANG; MUJUMDAR, 2012; SARAWONG et al., 2014) e compostos fenólicos (VERNAZA et al., 2011; SARAWONG et al., 2014).

Andrade et al. (2018) relatam que a farinha produzida a partir da biomassa de banana verde contém de 61,3-76,5 g / 100 g de amido em base seca, uma porcentagem comparável a que é encontrada em grãos de milho e batata. Além de amido, é rica em fibra dietética total (6,28-15,54 g / 100 g em base seca), a qual exerce influência no combate ao efeito hipocolesterolêmicos, que é um dos fatores de risco mais significativos no desenvolvimento da doença coronariana.

2.3 Secagem por Liofilização

A secagem permite a transformação de produtos perecíveis em produtos estabilizados através da redução da atividade de água a nível seguro, evitando assim a deterioração microbiana e reações bioquímicas que poderiam afetar sua qualidade (PROSAPIO &

NORTON, et al., 2017). Além disso utilizando o processo de secagem é possível reduzir desperdícios e perdas no período de pós colheita, preservando as propriedades sensoriais e nutricionais.

A tecnologia de alimentos disponibiliza vários métodos de secagem entre eles a liofilização, esta ocorre sob condições especiais de baixa temperatura e pressão, permitindo que a água no estado sólido (congelada) passe diretamente ao estado gasoso através do processo de sublimação. Um processo de liofilização bem sucedido preserva a maioria das propriedades iniciais do material bruto, tais como forma, dimensões, aparência, sabor, cor, sabor, textura e atividade biológica (CEBALLOS; GIRALDO; ORREGO, 2012). O produto em estado seco, geralmente é altamente poroso, quebradiço, higroscópico e com excelente capacidade de reidratação.

De acordo com Borgognoni; Bevilacqua; Pitombo (2012) pelo fato de utilizar baixas temperatura, a liofilização preserva melhor os componentes termossensíveis dos alimentos, entretanto, em comparação à outros tipos de secagem, é um processo relativamente caro, apesar de se conseguir obter bons resultados. A liofilização é um processo utilizado para preservar alimentos sensíveis ao calor por longos períodos com base no fenômeno da sublimação (RAMÍREZ; GIRALDO; ORREGO, 2015).

2.4 Mistura para bolo

Mudanças no processamento e a crescente exigência do consumidor por alimentos com qualidades sensoriais, nutricionais e que tragam benefícios à saúde incentivam o estudo de novos ingredientes para a indústria alimentícia (GUTKOSKI et al., 2011).

Praticidade e mudança nos padrões de consumo do brasileiro também impulsionaram o mercado de misturas para bolos. O aumento no consumo de farinha para misturas para bolos configura um dos setores da cadeia de trigo que mais cresceu em volume de vendas no Brasil, com índices entre 10 e 15% (NALEVAIKO, 2008). O mercado de bolos movimentou no Brasil R\$ 514 milhões, com consumo per capita de 1,4 kg no ano de 2009 (ABIMA, 2010).

Segundo a ANVISA (1978) pó ou misturas são produtos constituídos por misturas em pó de vários ingredientes destinados a preparar alimentos diversos pela complementação com água, leite ou outro produto alimentício, submetidos ou não a posterior cozimento. A mistura ou pó para bolo, é um produto constituído por farinhas, amidos, féculas, leite, ovos, açúcar, fermento e outras substâncias permitidas.

Diante do mercado promissor e de consumidores cada dia mais conscientes em busca de alimentos saudáveis e que possam suprir as necessidades nutricionais, as misturas prontas para bolo constituem um produto versátil e amplamente disseminado no mercado, por isso representam uma ótima alternativa para a inclusão de ingredientes com melhores propriedades nutricionais na alimentação cotidiana. Cunha; Maciel; Souza, (2014) desenvolveram uma mistura para bolo com excelente valor nutricional através da combinação de castanha-do-brasil e banana verde.

Os benefícios na comercialização da mistura para bolo em relação ao bolo pronto para consumo se destacam pela maior vida útil do produto, pela facilidade de transporte e manuseio, e pela diversificação do produto (GOMES, et al., 2014). Vale ressaltar que, os bolos confeccionados a partir de misturas devem apresentar características essenciais, como textura macia, superfície uniforme e permanecer inalterado ao longo da vida-de-prateleira (BORGES et al., 2010).

2.5 Alternativas para substituição da farinha de trigo em alimentos

A farinha de trigo é uma matéria-prima amplamente utilizada mundialmente para aplicação em uma vasta elaboração de alimentos, como pães, biscoitos, bolos e massas, justificando sua importância econômica (VÁZQUEZ-ARAÚJO et al., 2012). Porém, uma parcela da população apresenta intolerância ao glúten, proteína presente na constituição de trigo, cevada e centeio, ocorrendo a limitação a alguns alimentos produzidos com esses cereais.

O poder público e a população tem demonstrado crescente preocupação com os maus hábitos alimentares contemporâneos, uma vez que problemas como diabetes, doenças coronárias, mau funcionamento da digestão, colesterol alto, tem atingindo uma parcela cada vez maior e mais jovem da população. Neste cenário, torna-se necessário o desenvolvimento de alimentos nutracêuticos com baixo índice glicêmico (AGAMA-ACEVEDO et al., 2012).

Diante desta problemática uma das alternativas encontradas tem sido a substituição da farinha de trigo total ou parcial, por novos tipos de farinhas que possam oferecer melhores características funcionais e nutricionais (DAUDA et al., 2018).

Os pesquisadores Cunha; Maciel; Souza, (2014) observaram o potencial nutricional da castanha-do-brasil rica em selênio e em proteínas e a farinha de banana verde composta por alto teor de amido resistente, a partir da combinação dessas matérias-primas desenvolveram misturas para bolo, que após análises obtiveram melhor aceitação sensorial, maiores teores de

proteínas e cor mais escura que o bolo tradicional, podendo substituir o trigo de maneira satisfatória.

Gomes et al. (2014) desenvolveu misturas para bolo através da farinha de quirera de arroz cru, preparadas com 45% e 75% de farinha de bandinha de feijão extrusada em substituição total a farinha de trigo, observando a estabilidade microbiológica e físico-química em um armazenamento de 240 dias, bem como as características físicas dos respectivos bolos prontos. As características físico-químicas e avaliação sensorial de pães produzidos a partir da substituição parcial da farinha de trigo por farinha de banana verde comprovou o aumento constituintes nutricionais ao adicionar a farinha de banana verde, principalmente no teor de fibras dietéticas (HO; ABDUL AZIZ; AZAHARI, 2013).

Segundo et al. (2017) analisaram a utilização da farinha de banana verde em diferente granulometrias para substituir em diferentes concentrações a farinha de trigo sobre os atributos nutricionais, físicos e sensoriais de dois tipos de bolo, observando que a farinha isolada a partir de banana verde pode ser usada para melhorar as propriedades nutricionais dos bolos sem afetar negativamente suas propriedades físicas, resultando apenas em um pequeno declínio na percepção sensorial. No entanto, deve-se considerar que o tamanho das partícula da farinha de banana interferem nas propriedades físicas e nutricionais dos bolos, quanto menor a partícula maior o teor de amido, maior volume e menor firmeza.

Castelo-Branco et al. (2017) utilizou farinha de polpa de banana verde e a farinha da casca para substituir a farinha de trigo em diferentes concentrações e desenvolveu macarrão talharim, nos resultados os macarrões com adição das farinhas de polpa e de casca apresentaram maiores teor de cinzas, fibras totais e compostos fenólicos totais do que a farinha de trigo tradicional, a formulação de macarrão com a adição de 15% de farinha de banana verde mostrou o maior teor de cinzas e a melhor aceitação sensorial de todas as formulações. Concluiu-se que foi possível desenvolver uma massa de macarrão talharim com boa aceitação substituindo a farinha de trigo por uma mistura das farinhas de polpa e de casca de banana verde.

Dauda et al. 2018 produziu biscoitos a partir da adição de pasta de amendoim desengordurada em diferentes proporções para avaliar o teor de aminoácidos essenciais, revelando ao final que a composição nutricional do produto havia enriquecido. Ao buscar novos substitutos para a farinha de trigo (ALVARENGA et al., 2011) estudou as propriedades sensoriais de macarrão com e sem polpa de banana verde, concluindo que a massa de macarrão de banana tem uma baixa extensibilidade e menor teor de proteínas do que o macarrão normal, porém foi bem aceito na análise sensorial, quanto ao tempo de cozimento verificou-se que os

provadores optaram pelo o macarrão cozido por 10 minutos e neste tempo de cozedura, todos os tipos de macarrão no estudo mostraram maior extensibilidade. Para proteína nenhuma diferença significativa foram encontradas entre todo o macarrão.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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, n. 1, p. 177–182, 2012.

Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Resolução - CNNPA nº 12, de 1978.

ALVARENGA, N. B.; BORRALHO, E.; ESCOLA, H.; ANDRE, S.; CARLOS, T. C.; JOYO, M. R.; MAGDA, M. D.; LEDA, S. T.; LAMARDO, C. A.; BALIAN, S. C.; CANADA, S. B. Sensory Properties of Macaroni with and without Green Banana Pulp and the Application of 60 Cobalt Ionizing Radiation. **Procedia Food Science**, 11th International Congress on Engineering and Food (ICEF11), v. 1, p. 1987–1991, 2011.

ANDRADE, B. A.; PERIUS, D. B.; MATTOS, N. V.; MELLADO, M. S.; LUVIELMO, M. M. Production of unripe banana flour (*Musa spp*) for application in whole wheat bread. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, p. 1-10, 2018.

ARENT, E.K. Development of gluten-free cereal products. **Farm and food**, v. 12, p. 21-27, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE MASSAS ALIMENTÍCIAS - ABIMA. Vendas de bolos no Brasil. Disponível em: <<http://www.abima.com.br>>. Acesso em: 07 novembro 2017.

BATISTA, A. L. D.; SILVA, R.; CAPPATO, L. P.; FERREIRA, M. V. S.; NASCIMENTO, O. K.; SCHMIELE, M.; ESMERINO, E. A. BALTHAZAR, F. C.; SILVA, H. L. A.; MORAES, J.; PEMENTEL, T. C.; FREITAS, M. Q.; RAICES, R. S. L.; SILVA, M. C.; CRUZ, A. G. Developing a synbiotic fermented milk using probiotic bacteria and organic green banana flour. **Journal of Functional Foods**, v. 38, p. 242–250, 2017.

BEZERRA, C. V.; AMANTE, E. D.; OLIVEIRA, D. C.; RODRIGUES, A. M. C.; SILVA, L. H. M. Green banana (*Musa cavendishii*) flour obtained in spouted bed – Effect of drying on physico-chemical, functional and morphological characteristics of the starch. **Industrial Crops and Products**. v. 41, p. 241– 249, 2013a.

- BEZERRA, C. V.; RODRIGUES, A. M. C.; AMANTE E. R.; SILVA, L. H. M. Nutritional potential of green banana flour obtained by drying in spouted bed. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 4, p. 1140-1146, dezembro 2013b.
- BORGES, A. M.; PEREIRA, J.; SILVA JÚNIOR, A.; LUCENA, E. M. P.; SALES, J. C. Estabilidade da mistura de bolo elaborada com 60% de farinha de banana verde. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 1, p. 173-181, 2010.
- BORGOGNONI, C. F.; BEVILACQUA, J. DA S.; PITOMBO, R. N. DE M. Freeze-drying microscopy in mathematical modeling of a biomaterial freeze-drying. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 48, n. 2, p. 203–209, 2012.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. SECRETARIA DE ATENÇÃO À SAÚDE. PROTOCOLO CLÍNICO E DIRETRIZES TERAPÊUTICAS DA DOENÇA CELÍACA. PORTARIA MS/SAS Nº 307, DE 17 DE SETEMBRO DE 2009. Diário Oficial da União; Poder Executivo, Brasília, DF, 18 set. 2009. Seção I, p. 79-81.
Disponível em: <http://conselho.saude.gov.br/web_comissoes/cian/protocolo_celiaco.html>. Acesso em: 18 mai 2016.
- CASTELO-BRANCO, V. N.; GUIMARÃES, J. N.; SOUZA, L.; GUEDES, M. R.; SILVA, P. M.; FERRÃO, L. L.; MIYAHIRAET, R. F.; GUIMARÃES, R. R.; FREITAS, S. M. L.; REIS, M. C.; ZAGO, L. The use of green banana (*Musa balbisiana*) pulp and peel flour as an ingredient for tagliatelle pasta. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, p. 1-8, 2017.
- CEBALLOS, A. M.; GIRALDO, G. I.; ORREGO, C. E. Effect of freezing rate on quality parameters of freeze dried soursop fruit pulp. **Journal of Food Engineering**, v. 111, n. 2, p. 360–365, 2012.
- CUNHA, C. R. V.; MACIEL, T.; SOUZA, J. M. L. Mistura para bolo com farinhas de castanha-do-brasil e banana verde. Rio Branco: Embrapa Acre, 2014.
- DAUDA, A. O.; ABIODUN, O. A.; ARISE, A. K.; OYEYINKA, S. A. Nutritional and consumers acceptance of biscuit made from wheat flour fortified with partially

defatted groundnut paste. **LWT - Food Science and Technology**, v. 90, p. 265–269, 2018.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO.

FAOSTAT: production-crops. <Disponível em:
<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor> >. Acesso em: 07 jan. 2017.

FOSCHIA, M.; HORSTMANN, S.; ARENDT, E. K.; ZANNINI, E. Nutritional therapy – Facing the gap between coeliac disease and gluten-free food. **International Journal of Food Microbiology**, Special Issue: 6th Sourdough Symposium: Understanding natural complexity, v. 239, p. 113–124, 2016.

GARRUTI, D. S. et al. Aceitação de cultivares de bananas resistentes à Sigatoka Negra junto ao consumidor da região Nordeste do Brasil. **Ciência Rural**, v. 42, n. 5, 2012.

GOMES, L. D. O. F.; SANTIAGO, R. D. A. C.; KOAKUZU, S. N.; BASSINELLO, P. Z. Estabilidade microbiológica e físico-química de misturas para bolo sem glúten e qualidade dos bolos prontos para consumo. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 17, n. 4, p. 283–295, 2014.

GOMES, L. D. O. F.; SANTIAGO, R. D. A. C.; KOAKUZU, S. N.; BASSINELLO, P. Z. Estabilidade microbiológica e físico-química de misturas para bolo sem glúten e qualidade dos bolos prontos para consumo. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 17, n. 4, p. 283–295, 2014.

GUTKOSKI, L. C.; DURIGON, A.; MAZZUTTI, S.; CEZARE, K. ; COLLA, L. M. Influência do tipo de farinha de trigo na elaboração de bolo tipo inglês. **Brazilian Journal Food Technology**. v.14, n.4, p. 275-282, 2011.

HO, L.-H.; ABDUL AZIZ, N. A.; AZAHARI, B. Physico-chemical characteristics and sensory evaluation of wheat bread partially substituted with banana (*Musa acuminata* X *balbisiana* cv. Awak) pseudo-stem flour. **Food Chemistry**, v. 139, n. 1, p. 532–539, 2013.

LASA, J. S.; ZUBIAURRE, I.; SOIFER, L. O. RISK OF INFERTILITY IN PATIENTS WITH CELIAC DISEASE: a meta-analysis of observational studies. **Arquivos de Gastroenterologia**, v. 51, n. 2, p. 144–150, 2014.

- NAIK, R. D.; SEIDNER, D. L.; ADAMS, D. W. Nutritional Consideration in Celiac Disease and Nonceliac Gluten Sensitivity. **Gastroenterology Clinics of North America**, Nutritional Management of Gastrointestinal Disease., v. 47, n. 1, p. 139–154, 2018.
- NALEVAIKO, F. K. S. Bolos Industrializados: uma Tendência Nacional. Disponível em: <http://www.insumos.com.br/aditivos_e_ingredientes/edicoes_materias.php?id_edicao=20>. Acesso em: 17 out. 2016.
- NEPA – NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM ALIMENTAÇÃO. Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO). 4ª ed. Campinas: NEPA – UNICAMP, 2011.
- 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.
- PBMH & PIF - PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA & PRODUÇÃO INTEGRADA DE FRUTAS. **Normas de Classificação de Banana**. São Paulo: CEAGESP, 2006. (Documentos, 29).
- PIRES, V. C. F.; SILVA, F. L. H.; SOUZA, R. M. S. Parâmetros da secagem da banana pacovan e caracterização físico-química da farinha de banana verde. **Revista Verde**, v. 9, n.1, p.197-209, 2014.
- PRATESI R, GANDOLFI L. Doença celíaca: a afecção com múltiplas faces. **Jornal de Pediatria**, v. 81, n. 5, p. 357-8, 2005.
- RAMÍREZ, M. J.; GIRALDO, G. I.; ORREGO, C. E. Modeling and stability of polyphenol in spray-dried and freeze-dried fruit encapsulates. **Powder Technology**, v. 277, p. 89–96, 2015.
- ROSAPIO, V.; NORTON, I. Influence of osmotic dehydration pre-treatment on oven drying and freeze drying performance. **LWT - Food Science and Technology**, v. 80, p. 401–408, 2017.
- SALOMÃO, L. C. C.; SIQUEIRA, D. L.; LINS, L. C. R.; CECON, P. R. Crescimento e produção da bananeira (*Musa spp. AAB*) ‘Prata-Anã’, oriunda de rizoma e micropropagada. **Revista Ceres**, v. 63, n.3, p. 340-347, 2016.

- SARAWONG, C.; Schoenlechner, R.; Sekiguchi, K.; Berghofer, E.; PERRY NG, K. Effect of extrusion cooking on the physicochemical properties, resistant starch, phenolic content and antioxidant capacities of green banana flour. **Food Chemistry**, v. 143, p. 33-39, 2014.
- 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.
- SHILS, M.E.; SHIKE, M.; ROSS, A.C.; CABALLERO, B.; COUSINS, R.J. Tratado de Nutrição Moderna na Saúde e na Doença. 10. ed. São Paulo: Manole, 2009.
- SILVA, A. A.; BARBOSA JUNIOR, J. L.; BARBOSA, M. I. M. J.; Farinha de banana verde como ingrediente funcional em produtos alimentícios. **Ciência Rural**, v.45, n.12, p.2252-2258, 2015.
- VÁZQUEZ-ARAÚJO, L.; CHAMBERS IV, E.; CHERDCHU, P. Consumer input for developing human food products made with sorghum grain. **Journal of Food Science**, v. 77, n. 10, p. S384-S389, 2012.
- VERNAZA, M. G.; GULARTE, M. A.; CHANG, Y. K. Addition of green banana flour to instant noodles: Rheological and technological properties. **Ciências e Agrotecnologia**, v.35, n.6, p.1157-1165, 2011.
- VICI, G.; BELLI, L.; BIONDI, M.; POLZONETTI, V. Gluten free diet and nutrient deficiencies: A review. **Clinical Nutrition**, v. 35, n. 6, p. 1236–1241, 2016.
- VU, H. T.; SCARLETT, C. J.; VUONG, Q. V. Phenolic compounds within banana peel and their potential uses: A review. **Journal of Functional Foods**, v. 40, p. 238–248, 2018.
- 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, p.175-182, 2012.

- WEBER, O. B.; GARRUTI, D. DOS S.; NORÕES, N. P.; SILVA, S. O. Performance of banana genotypes with resistance to black leaf streak disease in Northeastern Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 3, p. 161–169, 2017.
- YUAN, Y.; ZHAO, Y.; YANG, J.; JIANG, Y. LU, F.; JIA, Y.; YANG, B. Metabolomic analyses of banana during postharvest senescence by ¹H-high resolution-NMR. **Food Chemistry**, v. 218, p. 406–412, 2017.

CAPÍTULO I

EFEITO DA CONCENTRAÇÃO DE CASCA NAS PROPRIEDADES DA MISTURA PRONTA PARA BOLO DE BANANA VERDE

RESUMO: O objetivo deste estudo foi examinar o efeito da adição de diferentes concentrações de casca de banana nas propriedades físicas de mistura para bolo liofilizada produzida a partir da banana verde. A variedade utilizada foi a Pacovan (*Musa acuminata Colla* x *Musa balbisiana Colla*). Foram elaboradas três formulações de mistura para bolo de banana verde, a primeira composta apenas por polpa, a segunda casca mais polpa e a terceira com percentual de 50% de casca e 50 % de polpa. As misturas em pó foram caracterizadas quanto as características físico-químicas e físicas. A variação da concentração de casca afetou significativamente a cor, densidade aparente e índice de absorção de água da mistura. A luminosidade decresceu. As misturas para bolo com a maior concentração de polpa apresentaram maior capacidade de retenção de óleo. Ocorreu uma correlação positiva entre maior teor de casca e IAA. A análise da microestrutura relevou que os pós apresentaram partículas com tamanhos e formatos variados, sendo que as misturas para bolo não apresentaram diferenças significativas.

Palavras-chave: *musa ssp*; bolo; liofilização

INFLUENCE OF SKIN CONCENTRATION ON THE PROPERTIES OF DRY CAKE MIX FROM GREEN BANANA

ABSTRACT: The objective of this study was to examine the effect of addition of various concentrations of banana peel on the physical properties of lyophilized cake mixture produced from biomass of green bananas. The variety used in the study was the Pacovan (*Musa acuminata Colla* x *Musa balbisiana Colla*). Were prepared three formulations of cake mixture, the first composed just for pulp, the second Peel and pulp and the third with percentage of 50% 50% pulp and Peel, followed by the addition of other ingredients in the same proportion. Powder mixtures were characterized as physical characteristics. The variation of concentration of bark significantly affected the color, density and rate of water absorption of the mixture. The brightness declined. For cake mixtures with the highest concentration of pulp showed higher capacity oil retention. There was a positive correlation between highest content of bark and

IAA. Microstructure analysis revealed that the post showed particles with sizes and varied formats, the cake mixes did not show significant differences.

Keywords: *musa ssp*; cake; lyophilization

1. INTRODUÇÃO

A banana é uma das frutas mais consumidas nas regiões tropicais e subtropicais, e gera mais de 26 milhões de toneladas de resíduos em base seca em todo o mundo devido ao descarte de sua casca (Signh et al, 2017; Kanden et al, 2016). Sendo assim, novas estratégias econômicas estão sendo utilizadas com intuito de reduzir o descarte, as perdas pós colheita e agregar valor a banana em diferentes estádios de maturação, isso abrange a produção de farinhas para a substituição em produtos alimentícios inovadores, como biscoitos (Adeola et al, 2018), bolo (Segundo et al., 2017), massa de macarrão (Castelo-Branco et al., 2017) e pães (Adebayo-Oyetero et al, 2015).

Apesar da diversidade de produtos elaborados a partir da banana verde, na literatura não se encontra estudos relacionados a produtos desenvolvidos com a substituição total do trigo por biomassa de banana verde processados por liofilização, tão pouco estudos comparativos com diferentes proporções de casca e polpa, visando a não geração de resíduos. São encontrados apenas, trabalhos que utilizam a farinha da casca de banana como substituição parcial da farinha de trigo ou de outros tipos de farinhas sem glúten, farinhas essas obtidas por diversos métodos (Chakraborty et al, 2017; Segundo et al, 2017; Batista et al, 2017; Türker et al, 2016; Gomes et al, 2016).

Segundo Cunha, Maciel e Souza (2014) as misturas prontas para bolo constituem um produto versátil e amplamente disseminado no mercado, apresentando-se como uma ótima alternativa para a inclusão de ingredientes com melhores propriedades nutricionais na alimentação cotidiana.

Assim, a qualidade do produto processado e a melhoria das condições operacionais têm sido pesquisadas no campo da tecnologia de alimentos (Lewicki 2006). Desta forma, as caracterizações físico-químicas e físicas são imprescindíveis para o controle de qualidade, o desenvolvimento de novos produtos, bem como para definir as condições ideais para processamento e armazenamento ao qual o material pode ser submetido.

A secagem é uma das alternativas que permite a diversificação de produtos, o armazenamento por longos períodos sem refrigeração e uma redução significativa das perdas nos períodos de colheita e, apesar das vantagens proporcionadas à indústria de alimentos, um efeito esperado desta operação unitária é a alteração significativa das propriedades sensoriais, nutricionais e de textura nos alimentos (Nobrega et al, 2014).

Entre os métodos de secagem, surge a liofilização, que ocorre sob condições de baixas temperatura e pressão, permitindo que a água no estado sólido passe diretamente ao estado gasoso através do processo de sublimação. Segundo CEBALLOS; GIRALDO; ORREGO (2012) um processo de liofilização bem sucedido preserva a maioria das propriedades iniciais do material bruto, tais como forma, dimensões, aparência, sabor, cor, sabor, textura e atividade biológica.

Neste contexto, este artigo pretende esclarecer o efeito da concentração de casca nas propriedades físico-químicas e físicas de misturas prontas para bolo de banana verde obtidas por liofilização.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Materiais

2.1.1. Banana verde

Foi utilizada neste estudo a banana Pacovan (*Musa acuminata Colla x Musa balbisiana Colla*) cultivada na Região Nordeste do Brasil. Foram utilizados frutos em estágio de maturação verde (índice de cor; 2 = inteiramente verde) de acordo com a escala de cor comercial da casca descrita por Aurore et al., (2009).

2.1.2. Produção da biomassa de banana verde

As bananas foram sanitizadas de acordo com as boas práticas técnico-sanitárias e submetidos a cocção por 10 minutos. Em seguida, foram separadas para elaboração de três formulações: a primeira composta apenas com a polpa; a segunda utilizando a banana integral (casca e polpa); e a terceira formada por 50% casca e 50% polpa. Posteriormente foram processadas em liquidificador industrial, no qual para cada 1000 g de cada formulação foi adicionado 500mL de água.

2.1.3. Obtenção da mistura pronta para bolo (MPB)

Após atingir a temperatura ambiente, à 300 gramas das diferentes formulações de biomassa obtida foram adicionados 100 gramas de açúcar, 50 gramas de cacau, 30 gramas de amido de milho, sendo em seguida homogeneizado. As três formulação da mistura pronta para bolo, apenas polpa (MPB1), banana integral (MPB2) e 50%casca +50% polpa (MPB3), foram congeladas em freezer a -18 °C por 48 horas. Decorrido esse período o material foi liofilizado à temperatura de $-40 \pm 3^{\circ}\text{C}$ por 48 h. Após o processo de liofilização, a mistura em pó foi desintegrada por 03 min e padronizada em peneira 0,39 mm. Posteriormente, para cada 250 gramas da mistura em pó foi adicionado 9 gramas de fermento químico, e as três formulações de mistura para bolo foram embaladas em embalagem laminada.

2.2. Métodos

2.2.1 Caracterização das misturas prontas

As misturas prontas para bolo foram caracterizadas de acordo com (Zenebom & Pascue, 2008) para teor de água, cinzas, fibra total, teor de amido total, açúcares redutores e totais em glicose. Os açúcares não redutores em sacarose foram determinados segundo o método baseado na multiplicação da diferença entre as porcentagens de açúcares totais e açúcares redutores com o fator 0,95. O teor de proteína bruta e pH foram quantificados de acordo com a metodologia descrita pela AOAC (2010). A quantidade de lipídeos foi determinada por extração com mistura de solventes a frio, conforme método descrito por Bligh & Dyer (1959). A atividade de água foi determinada por medida direta no analisador de atividade de água Labswift (Novasina, Suíça) na temperatura de 25 °C. Os carboidratos totais foram calculados por diferença - 100 menos a soma das porcentagens dos teores de água, lipídeos, proteínas e cinzas.

A avaliação da morfologia das partículas das misturas em pó foi obtida através da microscopia eletrônica de varredura (MEV); inicialmente, as amostras foram depositadas em pequena quantidade em porta amostra metálico (“stubs”) com fita adesiva de dupla face condutora convencional; prosseguindo, as amostras foram analisadas em um microscópio eletrônico de varredura e as imagens adquiridas através do software LEO, versão 30,01.

2.2.2. Perfil colorimétrico das misturas prontas para bolo

As análises de cor das amostras foram realizadas em espectrofotômetro MiniScan XE Plus (HunterLab, E. U. A.) no sistema de leitura CIELAB com os parâmetros L^* , a^* e b^* . A coordenada C é o croma (Eq. (1)) e a coordenada H^* é o ângulo de tonalidade (Eq. (2)) (WROLSTAD; SMITH, 2010). Para a determinação do croma e do ângulo de tonalidade utilizou-se as seguintes equações:

$$\text{Croma } C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (1)$$

$$H^* = \arctan\left\{ \frac{b^*}{a^*} \right\} \quad (2)$$

2.2.3 Densidade aparente e densidade compactada

A densidade aparente (ρ_{aparente}) das formulações foi determinada utilizando a massa da mistura e o volume correspondente. Aproximadamente 1 g de amostra foi transferido para proveta de 10 mL. A densidade aparente foi calculada como a razão entre a massa e o volume da amostra. Para a densidade compactada ($\rho_{\text{compactada}}$), a amostra na proveta foi compactada através do batimento da proveta e calculada como a razão entre a massa e o volume das amostras compactadas (JINAPONG; SUPHANTHARIKA; JAMNONG, 2008).

2.2.4 Índice de Carr (fluidez) e relação de Hausner (compactabilidade)

A fluidez e compactabilidade das misturas para bolo foram expressos em termos de índice de Carr (IC) (Carr, 1965) e fator de Hausner (FH) (Hausner, 1967), respectivamente. Os dois IC e FH foram determinados a partir da densidade aparente e densidade compactada das misturas conforme as equações 3 e 4, respectivamente:

$$IC = \frac{\rho_{\text{compactada}} - \rho_{\text{aparente}}}{\rho_{\text{compactada}}} \times 100 \quad (3)$$

$$FH = \frac{\rho_{\text{aparente}}}{\rho_{\text{compactada}}} \quad (4)$$

2.2.5. Índice de solubilidade em água e índice de absorção de água

O índice de solubilidade em água (ISA) e o índice de absorção de água (IAA) foram determinados de acordo com a metodologia descrita por Rodríguez-Ambriz et al. (2008) com modificações. Para cada uma das três amostras de mistura para bolo foi pesado 1 g de amostra em tubo para centrifuga tipo falcon em polipropileno de 50mL pré-pesado e adicionou-se 35 mL de água destilada. A mistura foi homogeneizada em agitador microprocessado de tubos Vortex Q220M (Quimis, Brasil) no nível 10 durante 5 min, o tubo ficou em repouso à temperatura ambiente por 1 h e em seguida as amostras foram centrifugadas a 3500 (centrifuga) rpm durante 20 min num dispositivo centrífugo. O tubo foi drenado para uma placa de Petri, pesada anteriormente, com um ângulo de 45° durante 10 min e o sobrenadante seco por 5 h à 105 °C até peso constante. A massa de resíduo (massa de farinha solúvel, g) em relação à

quantidade de amostra seca de mistura para bolo (massa de farinha total, g) utilizada no teste foi tomada como ISA. O IAA foi calculado como a massa de precipitado centrifugado pela massa da amostra de mistura para bolo utilizada no teste.

2.2.6. Capacidade de retenção de óleo

Para determinar a capacidade de retenção de óleo (CRO) foi utilizado o método descrito por Rodríguez-Ambriz et al. (2008). Foram adicionados 25 mL de azeite a 1 g de mistura para bolo, em tubo para centrifuga tipo falcon em polipropileno de 50mL pré-pesado, em seguida submetidos a agitador microprocessado de tubos Vortex Q220M (Quimis, Brasil) durante 2 min e submetidos a repouso à temperatura ambiente por 1 h. Os tubos foram centrifugados a 3500 rpm durante 20 min. O precipitado foi decantado e o sobrenadante do tubo foi drenado por 10 minutos com um ângulo de 45°. O precipitado centrifugado foi pesado e o CRO foi calculada como massa de óleo por g de amostra seca.

2.2.7. Análise estatística

Todas as análises foram realizadas em triplicata. Os resultados foram expressos como média e desvios-padrão. A análise de variância unidirecional (ANOVA) e o Teste de Tukey ($p < 0,05$) foram utilizados para determinar diferenças menos significativas entre os valores médios de propriedades físico-químicas e físicas das misturas para bolo liofilizadas para diferentes concentrações de casca de banana. O programa utilizado foi o ASSISTAT 7.7 beta (SILVA e AZEVEDO, 2009).

3. 3. RESULTADOS E DISCURSSÃO

3.1. Propriedades químicas e físico-químicas das misturas prontas para bolo

As composições químicas e físico-químicas das MPB1, MPB2 e MPB3 são apresentadas na Tabela I.1. Os teores de água, pH, cinzas, proteínas brutas, fibras totais, carboidratos totais e açúcares redutores em glicose, não diferiram significativamente ($P > 0,05$) entre os tratamentos MPB1 e MPB2, que tiveram como respostas distintas ($P < 0,05$) as respostas de atividade de água, lipídios teor de amido, açúcar total em glicose e açúcares não redutores em sacarose. Quando comparados os valores médios das respostas químicas e físico-químicas dos tratamentos MPB1 e MPB3, pode-se observar que as respostas carboidratos totais, açúcares totais em glicose e açúcares não redutores em sacarose apresentaram valores significativamente ($P < 0,05$) menores em MPB3, comportamento este que se inverteu quando observadas as respostas do teor de água, atividade de água, lipídios, fibras brutas totais e teor de amido que foram significativamente ($P < 0,05$) maiores em MPB3. As cadeias hidrofílicas presentes na fibra bruta total possuem maiores capacidades de absorção de água do que MPB1, justificando o aumento do teor de água em MPB3 (Ho, Aziz e Azahari, 2013). Já ao se comparar os valores médios das respostas de MPB2 e MPB3, pode-se observar que MPB2 apresentou valores significativamente ($P < 0,05$) superiores de carboidratos totais, açúcares totais em glicose e açúcares não redutores em sacarose e valores estatisticamente menores ($P < 0,05$) nas variáveis: lipídios, fibras totais e teor de amido total.

Tabela I.2. Valores médios das análises físicas e químicas das misturas para bolo com diferentes proporções de polpa e casca de banana verde.

Parâmetros	MPB1	MPB2	MPB3
Teor de água (%) *	2,43 ± 0,081 ^b	2,51 ± 0,072 ^{ab}	2,64 ± 0,037 ^a
Atividade de água **	0,16 ± 0,003 ^b	0,23 ± 0,009 ^a	0,24 ± 0,004 ^a
pH ^(ns)	6,44 ± 0,042 ^a	6,39 ± 0,017 ^a	6,37 ± 0,046 ^a
Cinzas (%) ^(ns)	2,85 ± 0,129 ^a	2,80 ± 0,022 ^a	2,83 ± 0,024 ^a
Proteína bruta (%) ^(ns)	5,91 ± 0,286 ^a	6,10 ± 0,116 ^a	6,03 ± 0,178 ^a
Lipídios (%) **	1,80 ± 0,059 ^c	1,99 ± 0,013 ^b	2,58 ± 0,018 ^a
Fibra total (%) **	2,40 ± 0,157 ^b	2,65 ± 0,50 ^b	4,08 ± 0,229 ^a
Teor de amido total (%) **	4,51 ± 0,095 ^c	5,85 ± 0,117 ^b	6,28 ± 0,084 ^a
Carboidratos totais **	87,00 ± 0,325 ^a	86,60 ± 0,235 ^a	85,91 ± 0,186 ^b
Açúcares redutores em glicose (%) ^(ns)	1,16 ± 0,030 ^a	1,22 ± 0,026 ^a	1,25 ± 0,067 ^a
Açúcares totais em glicose (%) **	42,13 ± 0,146 ^a	40,37 ± 0,234 ^b	39,68 ± 0,116 ^c

Açúcares não redutores em sacarose (%) **	40,93 ± 0,202 ^a	39,12 ± 0,227 ^b	38,46 ± 0,078 ^c
---	----------------------------	----------------------------	----------------------------

MPB1 – formulação composta apenas por polpa; MPB2 - formulação integral composta por casca e polpa; MPB3 - formulação elaborada com 50% casca e 50% polpa; Médias seguidas da mesma letra minúscula, na linha, não diferem estaticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. ** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < 0,01); * significativo ao nível de 5% de probabilidade (p < 0,05); ns não significativo (p >= 0,05).

A formulação MPB3 apresentou 1,25% de redução de carboidratos totais devido a adição de 50% de casca de banana na formulação ocasionando uma diluição na concentração de carboidratos. No entanto, Castelo-Branco et al. (2017) observaram um maior teor de fibra bruta, 4,77 a 8,89 farinha de polpa e farinhas de casca, respectivamente, do que o observado no presente estudo. Os resultados obtidos para os carboidratos da MPB3 foram de acordo com os resultados de Krishnan & Prabhasankar (2010), a elevação da concentração de cascas reduziu também a quantidade de açúcares totais em glicose e açúcares não redutores em sacarose em MPB3, fato este ocorrido devido à menor concentração de açúcares nas cascas em comparação com a polpa.

Ao se analisar a Tabela I.2 pode-se notar um acréscimo de 8,64% no teor de água, 66,67% na atividade de água com a adição de 50% de casca de banana, fato este justificado pelo aumento observado das fibras totais na mistura, já que as fibras possuem maior capacidade de absorção da água, o que resultaria em maior retenção de água (SILVA et al., 2014). Apesar do aumento significativo (P < 0,05) da atividade de água as formulações MPB2 e MPB3 ficaram dentro da faixa de recomendação para esse tipo de produto, que de acordo com Sarantópoulos et al. (2001) situa-se na faixa entre 0,1 e 0,3 sem comprometer a estabilidade ao armazenamento.

O MPB3 apresentou um conteúdo de fibra bruta que é duas vezes maior que o da MPB1. A casca de banana é relatada como rica em fibras alimentares, principalmente hemiceluloses, que podem constituir 20% da casca (ALKARKHI et al., 2010). A este respeito, comprova-se neste estudo que a adição de casca de banana na formulações de massas para bolo proporciona maior teor de fibra para este produto. De acordo com Segundo et al. (2017) observou, farinhas de banana com partículas de 80 µm, 80-156 µm e 156-200 µm, apresentaram percentagem de fibras de 6,43, 7,69 e 10,31, respectivamente. Assim, a farinha de banana verde obtida a partir da polpa e especialmente da casca poderia ser usada como uma boa alternativa para aumentar o teor de fibra da dieta humana.

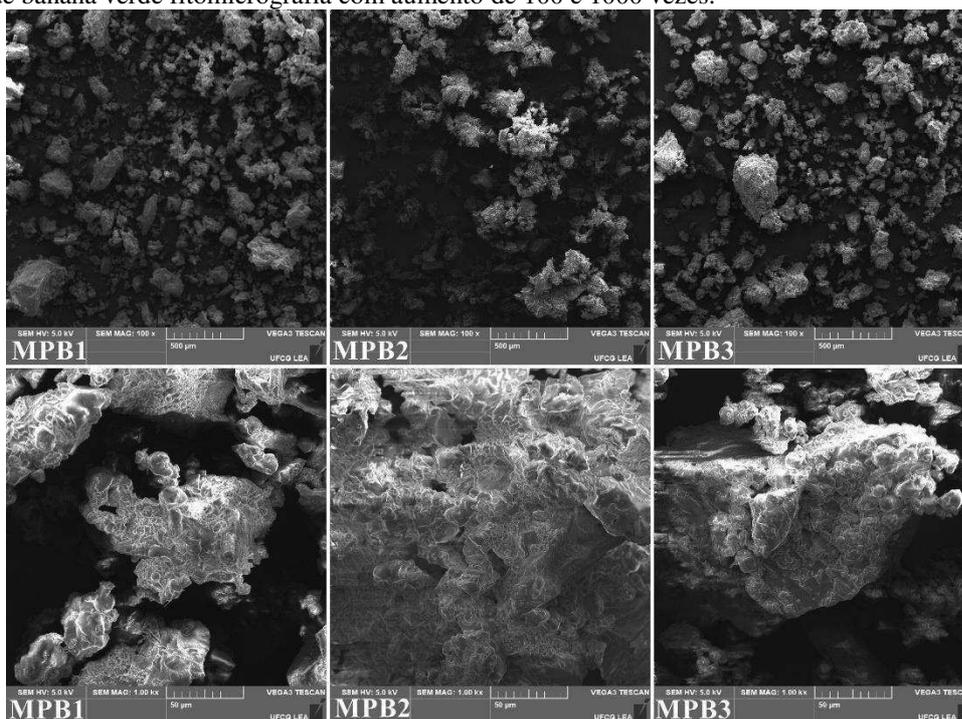
Com a adição de casca de banana nas misturas avaliadas, observou-se o aumento na concentração de lipídios, que são moléculas altamente energéticas e geralmente aparecem em

pequenas quantidades em frutas e vegetais. Em estudos realizados por Türker, Savlak e Kaşikci (2016) ao analisar misturas para bolo sem glúten produzidas a partir da farinha de banana verde, relatam teor de lipídios de 6,17%, valor superior ao apresentado neste estudo.

Elevando-se a quantidade de cascas nas misturas para bolo, observa-se a elevação das concentrações de amido total, sendo que a polpa da banana verde é rica em amido resistente, amplamente reconhecido na literatura como tendo importantes implicações fisiológicas em relação à saúde humana, como o crescimento bacteriano benéfico no cólon, controle glicêmico pós-prandial e redução do colesterol (Rayo et al., 2015).

Na Figura I.1 são apresentadas as fotomicrografias obtidas por microscopia eletrônica de varredura (MEV) para as misturas prontas para bolo de banana verde. Para cada formulação observa-se uma fitomicrografia com aumento de 100 e 1000 vezes.

Figura I.1. Fotomicrografias obtidas por microscopia eletrônica de varredura (MEV) para as misturas prontas para bolo de banana verde fitomicrografia com aumento de 100 e 1000 vezes.



Segundo Themeier et al. (2005) quando a amostra é triturada ou moída, como é o caso das amostras das misturas para bolo deste trabalho, podem ocorrer possíveis danos mecânicos nestas amostras e podem influenciar os parâmetros de comparação, tais como tamanho, forma e estruturas. Contudo, a microscopia realizada neste estudo foi capaz de proporcionar adequadamente a caracterização morfológica dos grânulos de amido da banana e a comparação

morfológica entre as misturas para bolo pela ampliação da fração de grânulos de amido observáveis.

Fazendo uma comparação entre as misturas para bom MPB1, MPB2 e MPB3 pode-se observar nas micrografias com ampliação 100X, que não existe alteração significativa identificável visualmente. Todas elas, apresentaram a mesma variabilidade de tamanho granular, com grânulos variando de tamanhos aproximadamente menores que 10 µm até tamanhos aproximados de 1 a 2 mm, mostrando que a adição da casca não interferiu de maneira significativa na morfologia da mistura.

Pode-se observar também analisando as micrografias com ampliação de 1000X que, em todas as formulações, a existência de grânulos disformes apresentando superfícies com aspectos gelatinosos e com a ausência de poros, indicando a baixa cristalinidade do amido presente em todas misturas e, indicando também se tratar possivelmente de amido tipo B, que é bastante comum em frutas como a banana verde. Esse tipo de amido é menos susceptível a ataques enzimáticos pela ausência desses poros, que facilitam o ataque dessas enzimas ao amido presente, deixando-o assim menos suscetíveis a essas enzimas que degradam o amido podendo assim ser caracterizado assim como amidos resistentes (MENEZES et al., 2011). Rayo et al. (2015) ao produzir farinha de banana verde instantânea observou que as micrografias ilustram grânulos de amido unidos à solução aglutinante usada durante o processo, que atribui o revestimento das partículas e, conseqüentemente, aumentou o tamanho.

3.2. Perfil de cor

A cor é uma importante característica do produto devido a sua contribuição na preferência do consumidor, além de ser um parâmetro de qualidade que indica mudanças ocorridas no processo de secagem. Os valores médios de L^* , a^* , b^* , C^* e H^* das misturas para bolo em pó obtidas por liofilização estão apresentados na Tabela I.3.

Tabela I.3. Valores médios da análise colorimétrica das misturas para bolo com diferentes proporções de casca.

Formulações	L^*	a^*	b^*	C^*	H^*
MPB1	45,66 ± 0,121 ^a	11,13 ± 0,287 ^a	22,81 ± 0,696 ^a	25,39 ± 0,499 ^a	1,12 ± 0,022 ^a
MPB2	43,84 ± 0,115 ^b	11,14 ± 0,110 ^a	23,42 ± 0,572 ^a	25,94 ± 0,487 ^a	1,13 ± 0,012 ^a
MPB3	42,04 ± 0,026 ^c	11,62 ± 0,144 ^a	23,60 ± 0,250 ^a	26,30 ± 0,244 ^a	1,11 ± 0,006 ^a

Médias seguidas das mesmas letras nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)

Observa-se que ocorreu uma diminuição significativa das L^* das misturas para bolo com o aumento da concentração de casca, proveniente da adição de ingredientes de coloração mais escura e com menor capacidade de refletir a luz. Os valores de L^* encontrados nesta pesquisa foram inferiores aos dados obtidos por Jiang et al. (2014) ao comparar a secagem de bananas em estufa à vácuo, micro-ondas e liofilização, sendo os valores de 58,41, 55,70 e 67,09, respectivamente. De acordo com Savlak, Türker e Yeşilkanat, (2016), analisaram farinha de banana verde com partícula de diferentes tamanhos, menores que 212 μm , 212-315 μm , 316-500 μm e 501-700, sendo os valores de L^* 85,00, 82,26, 81,23 e 80,18, respectivamente, concluindo que o valor de L^* diminuiu com o aumento do tamanho das partículas.

A semelhança de cor entre as misturas MPB1, MPB2 e MPB3 foi confirmada pela coordenada a^* , que indicou valores positivos, acima de zero, para as três amostras, assim como pela semelhança da coordenada b^* , que averiguou a tendência a pigmentação amarela nas três misturas pois a coordenada b^* inclinou-se no sentido positivo, com valores entre 22,81 a 23,60.

As misturas para bolo liofilizadas foram avaliadas quanto ao parâmetro de croma. Esse critério não sofreu alterações estatisticamente significativas com a alteração da concentração de casca de banana, relacionado as coordenadas a^* e b^* , mesmo a casca de banana ocasionando leve escurecimento nas biomassas utilizadas como matéria-prima para as misturas, após o processo de adição dos demais ingredientes e seguida liofilização, tais diferenças foram neutralizadas e insignificantes no produto final. Observou-se valores de croma inferiores a 50, indicando que o produto tende a cor sóbria e pálida, quanto mais próximo de 0 aproxima-se do cinza. Em contrapartida, produtos alimentícios com C^* mais elevados possuem maior intensidade da cor, conforme observado por (OLIVEIRA et al., 2015). De acordo com Borges et al. (2013), no sistema C.I.E $L^*a^*b^*$, (padrão utilizado no colorímetro Minolta), no ângulo de tonalidade o 0° corresponde à cor vermelha e o 90° , à amarela, é a característica mais evidente e perceptível ao olhar do consumidor, neste estudo, não foi observado diferenças estatisticamente significativas, com valores que variaram de 1,11 a 1,13, caracterizando que os pós aproximam-se do vermelho.

A Resolução - CNNPA nº 12, de 1978 que regulamenta as normas técnicas para alimentos em pó, para posterior reconstituição e consumo, não apresenta regras que definam a coloração adequada para bolo, pois isso varia de acordo com os componentes utilizados no produto. Vale ressaltar que, entre os ingredientes, está presente cacau em pó 60%, que corrobora com a coloração mais escura das misturas para bolo liofilizadas.

3.3. Densidade aparente e densidade compactada

A Tabela I.4 apresenta os valores médios de densidade aparente, densidade compactada, índice de compressibilidade (Fator de Carr) e índice de coesividade (Fator de Hausner) das misturas para bolo em pó obtidas por liofilização. A densidade aparente aumentou significativamente ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$), indicando que, para uma mesma massa de pó da mistura para bolo, quanto mais alto é a concentração de casca, mais volumoso o produto tornou-se. Para a estocagem e envase do produto, essa informação é importante haja vista que pode ser utilizada para o dimensionamento de equipamentos e estruturas armazenadoras.

Tabela I.4. Valores médios para densidade aparente (ρ_{aparente}), densidade compactada ($\rho_{\text{compactada}}$), índice de Carr (IC) e fator de Hausner (FH) das misturas para bolo com diferentes proporções de casca.

Formulações	ρ_{aparente} (g/cm ³)	$\rho_{\text{compactada}}$ (g/cm ³)	IC (%)	FH
MPB1	0,56 ^b ± 0,008	0,77 ^a ± 0,011	26,00 ^a ± 0,000	0,73 ^a ± 0,012
MPB2	0,57 ^{ab} ± 0,004	0,77 ^a ± 0,006	26,00 ^a ± 0,000	0,75 ^a ± 0,012
MPB3	0,58 ^a ± 0,008	0,80 ^a ± 0,020	26,00 ^a ± 0,000	0,73 ^a ± 0,012

Médias seguidas das mesmas letras nas colunas não diferem estaticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

A densidade aparente variou de 0,56 g/cm³, na mistura para bolo MPB1 a 0,57 e 0,58 g/cm³ nos pós com 40 e 50 % de casca, respectivamente, apresentando-se inferior a faixa de variação relatada por Rayo et al., (2015) obteve farinha de banana verde em estufa de circulação de ar, a densidade aparente foi de 0,52 g/cm³, valor próximo ao obtido neste trabalho.

Segundo Medeiros & Lannes (2010), a compactação pode ser entendida como a compressão de um sistema bifásico, sólido e gás (pó e ar), sob a ação de uma força, que resulta na redução do volume do produto. Para o parâmetro de densidade compactada não ocorreu variação estatisticamente significativa, os valores se apresentaram entre 0,77 g/cm³ (FP e FI) e 0,80 g/cm³ para a mistura para bolo liofilizada composta por 50% de casca e 50% de polpa. Observa-se que como o esperado, os valores da densidade compactada foram superiores aos da densidade aparente em razão da menor quantidade de espaços vazios. Rayo et al. (2015) relatam valores de densidade aparente que variam entre 51,76 g/cm³ e 0,33 g/cm³ para farinha de banana verde em diferentes granulometrias. No mesmo estudo as densidades compactadas foram de 0,65 e 0,40, respectivamente.

O índice de compressibilidade (IC) e a coesividade (FH) são parâmetros indiretos da fluidez dos pós. O IC não apresentou variação significativa devido a alteração da concentração 30

de casca de banana, demonstrado valor pontal de 26% para as três formulações de bolo. O IC expressa a capacidade de escoamento e compressão de um sólido, a fluidez de pós com $IC < 15$ é classificada como muito boa; $15 < IC < 20$ como bom; $20 < IC < 35$ como razoável; $35 < CI < 45$ ruim e $CI > 45$ como muito ruim (Carr, 1965). As misturas para bolo liofilizadas para o parâmetro de índice de compressibilidade foram classificadas como pós de razoável fluidez.

O índice de coesividade ou Fator de Hausner apresentou valores de 0,73 a 0,75 e também não foi verificado diferença estatisticamente significativa para as três formulações. Os pós com FH abaixo de 1,2 são classificados como grupo de baixa coesão; FH entre 1,2 e 1,4 são considerados como coesos intermediários e FH acima de 1,4 são declarados como grupo de alta coesão Hausner (1967), desta forma com relação a coesividade as misturas para bolo liofilizadas possuem baixa coesão.

Segundo Savlak, Türker e Yeşilkanat (2016), analisando o efeito da granulometria nas propriedades físicas de farinha de banana verde encontrou valores médios para o IC que variavam de 61,92 a 72,93 %; já para o FH os valores foram entre 2,63 e 3,68. Rayo et al. (2015) descobriram que o índice de Carr mudou entre 18,3 e 20,95 e o índice de Hausner entre 1,22 e 1,27 em farinha de banana não madura em estufa com circulação de ar apresentando fluidez intermediária.

3.4. Solubilidade em água (ISA), índice de absorção em água (IAA) e índice de retenção de óleo (IRO)

Na Tabela I.5 estão apresentados os valores médios obtidos para índice de solubilidade em água (ISA), o índice de absorção em água (IAA) e o índice de retenção de óleo (IRO). Segundo Sharma et al. (2012), a solubilidade é uma propriedade importante de matérias-primas alimentícias, onde pós pouco solúveis podem causar dificuldades de processamento e pode resultar em perdas econômicas na indústria.

Nas formulações de mistura para bolo obteve-se valores do ISA de 51,86% (FP), 52,04% (FI) e 51,09% (FCP), não apresentando variação estatisticamente significativa para as formulações de mistura para bolo, já que a variação da solubilidade entre as formulações foi inferior a 2%. Para as formulações avaliadas neste estudo, a variação das concentrações de casca de banana ou sua ausência não afetou este parâmetro.

Tabela I.5. Valores médios para o índice de solubilidade em água (ISA), índice de absorção em água (IAA) e a capacidade de retenção de óleo (CRO) das misturas para bolo com diferentes proporções de casca.

Formulações	ISA (%)	IAA (g de água/g de amostra)	CRO (g de óleo/g de amostra)
FP	51,86 ^a ± 0,598	0,79 ^c ± 0,040	1,14 ^d ± 0,011
FI	52,04 ^a ± 0,085	1,31 ^b ± 0,013	0,94 ^b ± 0,028
FCP	51,09 ^a ± 0,316	1,43 ^a ± 0,012	0,97 ^b ± 0,017

Médias seguidas das mesmas letras nas colunas não diferem estaticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)

O ISA de um produto depende em grande parte da sua constituição química e as interações intermoleculares entre os seus constituintes e a água. As interações hidrofóbicas resultam na diminuição da solubilidade, enquanto que as interações iônicas e polares permitem interações das proteínas com as moléculas de água e, conseqüentemente, aumentam a solubilidade destas moléculas (LOPES, 2010). De acordo com Vernaza e Chang (2012) farinhas com índices elevados de solubilidade em água, são interessantes para indústria processadora de alimentos rápidos e práticos, pela sua facilidade de formação de pasta a temperatura ambiente.

O IAA mede a capacidade do material de se ligar à água, dependendo então da disponibilidade de grupos hidrofílicos para se ligarem à molécula de água, algumas substancias como proteínas e fibras podem elevar a absorção de água. A IAA variou de 0,79, na mistura para bolo FMPB1 a 1,31 e 1,43 nos pós com 40 e 50 % de casca, respectivamente, correspondendo a um crescimento do parâmetro de 39,7% ao adicionarmos aproximadamente 40% de casca há mistura para bolo e 47,8% ao utilizar 50% de casca na mesma formulação para mistura para bolo, em relação a mistura para bolo constituída apenas de polpa. (SARAWONG et al., 2014) analisaram as consequências do cozimento por extrusão nas propriedades físicas da farinha de banana verde e concluíram que ocorre do índice de absorção de água, de 42,4 a 53,1%.

A capacidade de retenção de óleo (CRO) é uma importante propriedade funcional para os alimentos em pó, ela refere-se à natureza hidrofílica dos amidos existentes na mistura para bolo e deve-se principalmente ao aprisionamento físico do óleo dentro da estrutura de amido através de ligações não covalentes parecidas com as das cadeias laterais não-polares (RODRIGUEZ-AMBRIZ et al., 2008).

O teor da CRO variou de 1,14 (FP) a 0,97 (FCP) apresentando variação estatisticamente significativa ao nível de 1% de probabilidade (p < .01) da mistura FP em relação as demais misturas para bolo. Segundo Anyasi, Jideani e Mchau, (2015) ao estudar o propriedades físicas e funcionais da farinha obtida a partir de três cultivares de banana não maduras observou a variação de CRO de 1,07 a 1,93 g de óleo retida para cada g de amostra.

4. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, pode-se afirmar que misturas prontas para bolo obtidas a partir de bananas verdes com e sem cascas, totalmente isentas de farinha de trigo, possuem boas propriedades nutricionais, sem afetar negativamente suas propriedades físicas como teor de água e atividade de água. No que diz respeito ao parâmetro L^* , a utilização da casca afetou significativamente ocorrendo uma diminuição da luminosidade com a elevação da concentração de casca. A densidade aparente aumentou com o aumento da proporção de casca nos pós. O valor do IC para as misturas pós indica que os mesmos possuem razoável fluidez, e os valores de FH indicam um produto com baixa coesão. O ISA foi mediano para todas as amostras sem diferenças estáticas, já o IAA da FCP teve acréscimo de aproximadamente 80% devido a maior concentração de casca. O comportamento do CRO foi inverso ao IAA, observando maior retenção de óleo pela mistura constituída apenas por polpa. As micrografias demonstraram que não existe variação significativa entre as misturas para bolo, as misturas apresentaram a mesma variação de tamanho granular. De uma modo geral, como não houve diferenças significativas que comprometam o produto nas formulações estudadas, pode-se considerar industrialmente, a utilização da banana integral para produção das misturas para bolo leva a redução de custo de produção, além de oferecer benefícios nutricionais com a mínima geração de resíduos.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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 - Food Science and Technology**, v. 46, n. 1, p. 177–182, 2012.
- AHMED, J.; AL-ATTAR, H.; ARFAT, Y. A. Effect of particle size on compositional, functional, pasting and rheological properties of commercial water chestnut flour. **Food Hydrocolloids**, v. 52, p. 888–895, 2016.
- ALKARKHI, A. F. M.; RAMLI, S. B.; YONG, Y. S.; EASA, A. M. Comparing physicochemical properties of banana pulp and peel flours prepared from green and ripe fruits. *Food Chemistry*, v. 129, n. 2, p. 312–318, 2011.
- ALVARENGA, N. B.; BORRALHO, E.; ESCOLA, H.; et al. Sensory Properties of Macaroni with and without Green Banana Pulp and the Application of 60 Cobalt Ionizing Radiation. **Procedia Food Science**, 11th International Congress on Engineering and Food (ICEF11), v. 1, p. 1987–1991, 2011.
- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RDC nº 348, de 02/12/2003. Aprova de forma complementar ao Anexo da Resolução CNNPA nº 24 de 1976, a utilização de enzimas na indústria de alimentos. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>> Acesso em: 25 abr. 2016.
- ANYASI, T. A.; JIDEANI, A. I. O.; MCHAU, G. R. A. Effect of organic acid pretreatment on some physical, functional and antioxidant properties of flour obtained from three unripe banana cultivars. **Food Chemistry**, v. 172, p. 515–522, 2015.
- ANYASI, T. A.; JIDEANI, A. I. O.; MCHAU, G. R. A. Effect of organic acid pretreatment on some physical, functional and antioxidant properties of flour obtained from three unripe banana cultivars. **Food Chemistry**, v. 172, p. 515–522, 2015.
- AURORE, G.; PARFAIT, B.; FAHRASMANE, L. Bananas, raw materials for making processed food products. **Trends in Food Science & Technology**, v. 20, n. 2, p. 78–91, 2009.

- BORGES, C. D.; MENDONÇA, C. R. B.; ZAMBIAZI, R. C.; NOGUEIRA, D.; PINTO, E. M.; PAIVA, F. F. Conservação de morangos com revestimentos à base de goma xantana e óleo essencial de sálvia. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 5, p. 1071-1083, 2013.
- CARR, H.E. Evaluating flow properties of solids. **Chemical Engineering**, v. 74, n. 2, p. 163-168, 1965.
- CIURZYŃSKA, A.; LENART, A.; GREȔA, K. J. Effect of pre-treatment conditions on content and activity of water and colour of freeze-dried pumpkin. **LWT - FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY - Food Science and Technology**, v. 59, n. 2, Part 1, p. 1075– 1081, 2014.
- CNNPA. Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos. Resolução CNNPA nº 12 de 1978, 1978. Disponível em: Acesso em: 14 Dez. 2014.
- CRUZ, D.; C, A.; PIMENTEL, T. C.; KLOSOSKI, S. J. Pastel a la Taza con Harina de Banana Verde con Cáscara (*Musa sapientum*) como Sustituto Parcial de la Harina de Trigo: Composición Química y Aceptación. **Revista de Ciencia y Tecnología**, , n. 25, p. 42– 47, 2016.
- DAUDA, A. O.; ABIODUN, O. A.; ARISE, A. K.; OYEYINKA, S. A. Nutritional and consumers acceptance of biscuit made from wheat flour fortified with partially defatted groundnut paste. **LWT - FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY**, v. 90, p. 265–269, 2018.
- FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of Nations Nations. <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>, 2016. Acesso em 5 de novembro de 2017.
- HAPPI EMAGA, T.; ANDRIANAIVO, R. H.; WATHELET, B.; TCHANGO, J. T.; PAQUOT, M. Effects of the stage of maturation and varieties on the chemical composition of banana and plantain peels. **Food Chemistry**, v. 103, n. 2, p. 590–600, 2007.
- HAUSNER, H.H. Friction conditions in a mass of metal powder. **Powder Metall**, v. 13, p. 7-13, 1967.
- HO, L.-H.; AZIZ, N. A. A.; AZAHARI, B. Physico-chemical characteristics and sensory evaluation of wheat bread partially substituted with banana (*Musa acuminata* X

- balbisiana cv. Awak) pseudo-stem flour. **Food Chemistry**, v. 139, n. 1, p. 532–539, 2013.
- JAFARI, S. M.; GHALEGI, G. M.; DEHNAD, D. Influence of spray drying on water solubility index, apparent density, and anthocyanin content of pomegranate juice powder. **Powder Technology**, v. 311, p. 59–65, 2017.
- JIANG, H.; ZHANG, M.; SMUJUMDAR, A.; LIM, R. X. Comparison of drying characteristic and uniformity of banana cubes dried by pulse-spouted microwave vacuum drying, freeze drying and microwave freeze drying. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 94, n. 9, p. 1827-1834, 2014.
- JINAPONG, N.; SUPHANTHARIKA, M.; JAMNONG, P. Production of instant soymilk powders by ultrafiltration, spray drying and fluidized bed agglomeration. **Journal of Food Engineering**, v. 84, n. 2, p. 194–205, 2008.
- KRISHNAN, M.; PRABHASANKAR, P. Studies on pasting, microstructure, sensory, and nutritional profile of pasta influenced by sprouted finger millet (*Eleucina coracana*) and green banana (*Musa paradisiaca*) flours. **Journal of Texture Studies**, v. 41, n. 6, p. 825-841, 2010.
- LOPES, L. C. M. Determinação das melhores condições de extrusão e caracterização de farinha de feijão para utilização como ingrediente de alimentos instantâneos. 2010. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010
- MEDEIROS, M. L.; LANNES, S. C. S. Propriedades físicas de substitutos do cacau. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 30, Suplemento 1, p. 243-253, 2010.
- MENEZES, E. W.; TADINI, C. C.; TRIBESS, T. B.; ZULETA, A.; BINAGHI, J.; PAK, N.; VERA, G.; DAN, M. C. T.; BERTOLINI, A. C. Chemical Composition and Nutritional Value of Unripe Banana Flour (*Musa acuminata*, var. Nanicão). **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 66, n. 3, p. 231–237, 2011.
- OLIVEIRA, E. N. A.; SANTOS, D. C.; GOMES, J. P.; ROCHA, A. P. T.; SILVA, W. P. Physicochemical stability of diet umbu-caja jams stored under ambient conditions. **Journal of Food Processing and Preservation**, London, v. 39, n. 1, p. 70-79, 2015.

- PEREIRA, A.; MARASCHIN, M. Banana (*Musa spp*) from peel to pulp: Ethnopharmacology, source of bioactive compounds and its relevance for human health. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 160, p. 149–163, 2015.
- PERONI-OKITA, F. H. G.; SIMÃO, R. A.; CARDOSO, M. B.; SOARES, C. A.; LAJOLO, F. M.; CORDENUNSI, B. R. In vivo degradation of banana starch: Structural characterization of the degradation process. **Carbohydrate Polymers**, v. 81, n. 2, p. 291–299, 2010.
- POF / IBGE. Pesquisa de Orçamentos Familiares. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv47307.pdf> (2008). (Acesso em 15 de outubro de 2017).
- RAYO, L. M.; CHAGURI e CARVALHO, L.; SARDÁ, F. A. H.; DACANAL, G.; MENEZES, E. W.; TADINI, C. C. Production of instant green banana flour (*Musa cavendishii*, var. Nanicao) by a pulsed-fluidized bed agglomeration. **LWT - FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY - Food Science and Technology**, v. 63, n. 1, p. 461–469, 2015.
- RODRÍGUEZ-AMBRIZ, S. L.; ISLAS-HERNÁNDEZ, J. J.; AGAMA-ACEVEDO, E.; TOVAR, J.; BELLO-PÉREZ, L. A. Characterization of a fibre-rich powder prepared by liquefaction of unripe banana flour. **Food Chemistry**, v. 107, n. 4, p. 1515–1521, 2008.
- SADH, P. K.; CHAWLA, P.; DUHAN, J. S. Fermentation approach on phenolic, antioxidants and functional properties of peanut press cake. **Food Bioscience**, v. 22, p. 113–120, 2018.
- SARAWONG, C.; SCHOENLECHNER, R.; SEKIGUCHI, K.; BERGHOFER, E.; NG, P. K. W. Effect of extrusion cooking on the physicochemical properties, resistant starch, phenolic content and antioxidant capacities of green banana flour. **Food Chemistry**, v. 143, p. 33–39, 2014.
- 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.

- SHARMA, A.; JANA, A. H.; CHAVAN, R. S. Functionality of milk powders and milkbased powders for end use applications: A review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, Chicago, v. 11, n.5, p. 518-528, 2012.
- SILVA, F. A. S., AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. *African Journal Agricola Research*, v. 11 (39), p. 3733-3740, 2016.
- THEMEIER, H.; HOLLMANN, J.; NEESE, U.; LINDHAUER, M. G. Structural and morphological factors influencing the quantification of resistant starch II in starches of different botanical origin. **Carbohydrate Polymers**, v. 61, n. 1, p. 72–79, 2005.
- TÜRKER, B.; SAVLAK, N.; KAŞIKCI, M. B. Effect of Green Banana Peel Flour Substitution on Physical Characteristics of Gluten-Free Cakes. **Current Research in Nutrition and Food Science Journal**, v. 4, n. Special Issue Nutrition in Conference October 2016, p. 197–204, 2016.
- VERNAZA, M. G.; CHANG, Y.K. Goma guar addition evaluation and salt in absorption water and quality of instant noodles. *Brazilian Journal of Food and Nutrition, Araraquara*, v. 23, n. 3, p. 435-442, 2012.
- WROLSTAD, R.E.; SMITH, D.E. Color analysis. *Food Analysis*, p. 573-586, 2010.
- YAP, M.; BRENNAN, C. S.; JAYASENA, V.; COOREY, R. The effects of banana ripeness on quality indices for puree production. **LWT - FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY**, v. 80, p. 10–18, 2017.

CAPÍTULO II

ELABORAÇÃO DE BOLO SEM GLUTEN A PARTIR DE MISTURA PRONTA LIOFILIZADA

RESUMO: O objetivo deste estudo foi avaliar a elaboração de bolo sem glúten a partir da mistura pronta liofilizada que apresenta como ingrediente principal a biomassa de banana verde, sendo desenvolvidas três formulações: com casca, sem casca e com 50 % de casca e 50% de polpa. Utilizou-se a variedade Pacovan (*Musa acuminata CollaxMusa balbisiana Colla*). Os bolos foram analisados quanto as propriedades reológicas, propriedades físicas, análises microbiológicas e sensoriais. As misturas reconstituídas apresentaram comportamento pseudoplástico sendo a mistura composta apenas por polpa a que apresentou a maior viscosidade, o modelo de Ostwald-de-Waelle foi o que melhor representou os ajustes matemáticos aos dados experimentais. As análises microbiológicas apresentaram resultados negativos para coliformes totais e termotolerantes, bolores e leveduras e *Salmonella* sp. O perfil de textura foi avaliado quanto aos atributos de aparência, cor, aroma, sabor e textura, porém os únicos parâmetros que apresentaram diferenças significativas foi firmeza e elasticidade. .

Palavras-chave: banana; análise sensorial; reologia; textura

PREPARATION OF CAKE GLUTEN-FREE FROM DRY CAKE MIX LYOPHILIZED

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the preparation of gluten-free cake from the mixture ready lyophilized which presents as main ingredient the biomass of green bananas, being developed three formulations: in shell, shelled and with 50% 50% pulp and Peel. We used the variety Pacovan (*Musa acuminata CollaxMusa balbisiana Colla*). The cakes were analyzed as the rheological properties, physical properties, microbiological and sensory analysis. The reconstituted mixtures showed pseudoplástico behavior being the mixture composed just for pulp that presented the highest viscosity, the model of Ostwald-de-Waelle was best represented the mathematical adjustments to the experimental data. The microbiological tests showed negative results for total coliforms and termotolerantes, yeasts and molds and *Salmonella* sp. The texture profile was evaluated as to the appearance attributes,

color, aroma, flavor and texture, but the only parameters that showed significant differences was firmness and elasticity.

Keywords: banana; sensory analysis; rheology; texture

1. INTRODUÇÃO

A indústria de panificação é uma das maiores indústrias alimentícias em todo o mundo, e os produtos mais populares devido à sua conveniência são os biscoitos, bolachas e os bolos. Entre os produtos citados, os bolos têm aumentado a importância em relação ao consumo e comercialização no Brasil (Yaqoob et al, 2018; Tessele et al 2015).

A farinha de trigo refinada é o ingrediente básico dos produtos de panificação, mas sua qualidade de proteína é inferior aos outros cereais. Além disso, o processamento de trigo na farinha de trigo refinada resulta em perda considerável de nutrientes. No entanto, a crescente demanda dos consumidores de alimentos com qualidade sensorial e nutricional que trazem benefícios para a saúde incentivaram o estudo de novos ingredientes a serem utilizados pela indústria de alimentos. Um exemplo disso é o caso de pessoas com doença celíaca, onde o único tratamento que atualmente existe é a exclusão total do glúten da dieta (Moscatto et al., 2004).

Uma das alternativas encontradas para a substituição da farinha de trigo total ou parcial, por novos tipos de farinhas que possam oferecer melhores características funcionais e nutricionais tem sido objeto de estudo de vários pesquisadores (DAUDA et al., 2018).

Trabalhos que utilizam a banana, polpa e/ou casca, como substituição parcial da farinha de trigo ou de outros tipos de farinhas sem glúten são encontrados na literatura, com o objetivo de se obter produtos enriquecidos nutricionalmente, ou com outro fim ((HO; ABDUL AZIZ; AZAHARI, 2013); Cunha; Maciel; Souza, (2014); Segundo et al. (2017); Castelo-Branco et al., (2017);

Segundo Singh et al (2017a) e Kanden et al (2016) a banana gera mais de 26 milhões de toneladas de resíduos em base seca em todo o mundo devido ao descarte de sua casca, além de ser uma das frutas mais consumidas nas regiões tropicais e subtropicais do planeta.

Apesar da diversidade de produtos elaborados a partir da banana verde, na literatura não se encontra estudos relacionados a produtos desenvolvidos com a substituição total do trigo por biomassa de banana verde processados por liofilização, tão pouco estudos comparativos com diferentes proporções de casca e polpa, visando a não geração de resíduos.

O aumento no consumo de farinha para misturas para bolos configura um dos setores da cadeia de trigo que mais cresceu em volume de vendas no Brasil (NALEVAIKO, 2008). Diante do mercado promissor e de consumidores cada dia mais conscientes em busca de alimentos saudáveis e que possam suprir as necessidades nutricionais, as misturas prontas para bolo constituem um produto versátil e amplamente disseminado no mercado, por isso

representam uma ótima alternativa para a inclusão de ingredientes com melhores propriedades nutricionais na alimentação cotidiana.

Os benefícios na comercialização da mistura para bolo em relação ao bolo pronto para consumo se destacam pela maior vida útil do produto, pela facilidade de transporte e manuseio, e pela diversificação do produto (GOMES, et al., 2014). Vale ressaltar que, os bolos confeccionados a partir de misturas devem apresentar características essenciais, como textura macia, superfície uniforme e permanecer inalterado ao longo da vida-de-prateleira (BORGES et al., 2010).

O objetivo deste trabalho foi estudar as propriedades reológicas, analisar o perfil de textura, a microbiologia e a aceitação sensorial de bolos elaborados a partir de uma mistura pronta para bolo sem glúten, obtida por liofilização, que utiliza a banana verde como principal ingrediente.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Materiais

As misturas prontas para bolo foram obtidas a partir de bananas em estágio de maturação caracterizados como verde (índice de cor; 2 = inteiramente verde) de acordo com a escala de cor comercial da casca descrita por Aurore et al., (2009). Foram utilizados açúcar, cacau, amido de milho, fermento em pó, gordura vegetal, ovo e leite. Todos os materiais foram adquiridos no comércio local.

2.2. Métodos

2.2.1. Obtenção das misturas prontas para bolo

Os frutos inteiros foram submetidos a cocção por 10 minutos, sendo separados após a cocção para elaboração de três formulações: a formulação polpa (MPB1) composta apenas por polpa, a formulação integral (MPB2) constituída por casca e polpa, e a formulação elaborada com 50% casca e 50% polpa (MPB3). Em seguida processados em liquidificador industrial no qual para cada 1000 g da referente biomassa foi adicionado 500mL de água. Adicionou-se a cada 300 g de cada uma das formulações 100 g de açúcar, 50 g de cacau e 30 g de amido de milho, sendo homogenizados. As três formulação foram congeladas em freezer a - 18 °C por 48 horas. Decorrido esse período o material foi liofilizado à temperatura de -40 ± 3 °C por 48 h. Após o processo de liofilização, a mistura em pó foi desintegrada por 03 min. e padronizada em peneira 0,39 mm. Posteriormente, para cada 250 gramas de pó liofilizado foi adicionado 9 g de fermento químico em pó, e embaladas em embalagem laminada.

2.2.2. Preparo do bolo

Para obtenção dos bolos a partir das três formulações de misturas para bolo liofilizadas, misturou-se em uma batedeira planetária doméstica 250 g das misturas, 60 g de gordura vegetal e 150 mL de leite, sendo a mistura homogeneizada por 3 min. Em seguida, adicionou-se 4 ovos batidos em ponto de neve e misturou-se até completa homogeneização. Em seguida a massa foi

colocada em forma de alumínio revestidas com gordura vegetal e amido de milho e levada ao forno à 180 °C por 40 min.

Após o cozimento, os bolos foram retirados das formas e resfriados durante 60 min antes de serem colocados em sacos de plástico codificados e selados para evitar o ressecamento dos mesmos. Todos os bolos foram feitos em triplicata.

2.2.3. Propriedades reológicas da massa

Os parâmetros reológicos obtidos foram: tensão de cisalhamento, taxa de deformação e viscosidade aparente, em triplicata, para as três formulações de mistura para bolo reconstituídas, utilizando-se um Viscosímetro digital DV-II+PRO RVT, (Brookfield, E. U. A.), nas velocidades de rotação de 70, 80, 90, 100, 120, 135, 140, 150, 160, 180 e 200 rpm, e temperatura de 25 °C, à pressão atmosférica ambiente. Para transformar as leituras dos torques em medidas reológicas, utilizou-se a metodologia proposta por Mitschka (1982). Para cada amostra os dados experimentais obtidos foram correlacionados através dos modelos reológicos: Ostwald-de-Waele, Herschel-Bulkley e Casson (Tabela II.1). Os parâmetros de cada modelo foram determinados através do software STATISTICA 8.0.

Tabela II.1. Modelos reológicos ajustados aos reogramas das misturas para bolo.

Modelo	Equação
Ostwald-de-Waele ou Lei da potência	$\tau = K \dot{\gamma}^n$
Herschel-Bulkley	$\tau = \tau_{0C} + K_H \dot{\gamma}^{n_H}$
Casson	$\tau^{0,5} = K_C + K_C \dot{\gamma}^{u,C}$

Em que: τ - tensão de cisalhamento (Pa); τ_{0C} - tensão de cisalhamento inicial (Pa); $\dot{\gamma}$ - taxa de deformação (s⁻¹); K

- índice de consistência (Pa.sⁿ); n_H - índice de comportamento do fluido (adimensional); K_{0C} - tensão de cisalhamento inicial (Pa); K_C - viscosidade plástica de Casson (Pa.s).

Foram traçadas as curvas da viscosidade aparente das misturas para bolo MPB1, MPB2 e MPB3 em função das taxas de deformação utilizando-se os dados experimentais de viscosidade e valores teóricos calculados. Utilizou-se como critérios para a determinação do melhor ajuste dos modelos aos dados experimentais o coeficiente de determinação (R²) e o desvio percentual médio (P), calculado pela Equação 1.

$$P = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|(X_{\text{exp}} - X_{\text{teor}})|}{\bar{X}_{\text{exp}}} \quad (1)$$

Onde:

P - desvio percentual médio (%)

X_{exp} - valor experimental

X_{teor} - valor predito pela equação

n - número de dados experimentais

2.2.4. Propriedades físicas dos bolos

A textura foi analisada, segundo o método 74-09 da AACC (2000), analisador de textura TA.XT PLUS (Guildford, Reino Unido). A resistência detectada pelo aparelho é registrada na forma de uma curva típica de força-deformação do alimento e resulta em um gráfico de força/tempo característico para cada tipo de produto, permitindo avaliar parâmetros como a firmeza, coesividade, gomosidade, elasticidade e mastigabilidade.

2.3.5. Análise microbiológica

As análises microbiológicas dos bolos foram realizadas no Laboratório de Microbiologia de Alimentos da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus de Bananeiras, quanto aos parâmetros estabelecidos pela legislação para bolos segundo RDC nº 12 de 02 de Janeiro de 2001 (BRASIL, 2001).

Foram determinados os índices de coliformes totais, coliformes termotolerantes, bolores e leveduras e Salmonella utilizando a metodologia descrita por APHA (2001).

2.3.6. Análise sensorial dos bolos

O teste de aceitação foi realizado utilizando-se uma ficha de avaliação (Anexo 2) por meio de escala hedônica de sete pontos (7 = gostei muitíssimo até 1 = desgostei muitíssimo), para os atributos cor, odor, textura, sabor e aparência global. Para complementar os resultados de aceitação dos bolos, foi questionada a intenção de compra em relação a cada amostra, por meio da escala de 5 pontos (5 = certamente compraria, 3 = talvez comprasse, talvez não

comprasse, 1 = certamente não compraria). Também foi realizado um teste de preferência global no qual os julgadores teriam que informar qual foi a amostra que ele preferiu. Os consumidores foram recrutados com a divulgação feita por convites em forma de cartazes, para toda a comunidade da UFCG. O teste de aceitação foi realizado com 80 consumidores de bolo, entre alunos de graduação, pós-graduação, funcionários e professores da UFCG não treinados e com idade superior a 18 anos. As amostras foram servidas aos julgadores em cabines individuais do Laboratório de Análise Sensorial, avaliados sob luz branca e temperatura ambiente permitindo, desta forma, conforto e individualidade aos julgadores. A apresentação das amostras foi feita em bandejas plásticas brancas descartáveis contendo $\frac{1}{4}$ da fatia de cada amostra e codificados aleatoriamente com algarismos de três dígitos, acompanhados de água a temperatura ambiente e biscoito água e sal para limpeza do palato entre as amostras. Os julgadores estavam cientes dos objetivos da pesquisa, segundo o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (ANEXO 3).

2.2.7 Análise estatística

As análises foram realizadas em três repetições. Os resultados da caracterização da farinha de arroz vermelho foram avaliados por meio do desvio-padrão e análise de variância entre as repetições. Aplicou-se um delineamento inteiramente casualizado (DIC), para análise comparativa das médias pelo Teste de Tukey nível de 5% de probabilidade, através do software Assistat, versão 7.7 (SILVA & AZEVEDO, 2016)

3. RESULTADOS E DISCURSSÃO

3.1. Reologia das massas

Tem-se na Tabela II.2, a análise de variância dos dados de viscosidade aparente (Pa.s) para as misturas prontas liofilizadas MPB1, MPB2 E MPB3 reconstituídas. Constata-se efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F, para todas as fontes de variação avaliadas e para a interação entre as mesmas. Ressaltando que os dados apresentaram distribuição normal pelo teste de Kolmogorov-Smirnov.

Tabela II.2. Análise de variância para misturas para bolo reconstituídas.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F
Concentração de cascas (F1)	2	53628874,76	26814437	410,5983**
Velocidade de rotação (F2)	10	72587982,15	7258798	111,1509**
Int. F1xF2	20	3662709,576	183135,5	2,8043**
Tratamentos	32	129879566,5	4058736	62,1497**
Resíduo	33	2155090,5	65305,77	
Total	65	132034657		

** Significativo a 1% de probabilidade; * significativo ao nível de 5% de probabilidade; F – Variável do teste F

Na Tabela II.3 se encontram os valores médios das viscosidades aparentes de MPB1, MPB2 e MPB3, na temperatura de 25 °C e em diferentes velocidades de rotação (70, 80, 90, 100, 120, 140,160, 180 e 200 rpm). Observa-se em todas as misturas que com o aumento da velocidade de rotação houve uma tendência de aumento na viscosidade aparente, indicando comportamento pseudoplástico. O comportamento pseudoplástico (diminuição da viscosidade com o aumento da velocidade de rotação) repete-se em todas as formulações MPB1, MPB2 e MPB3.

Tabela II.3. Valores médios das viscosidades aparentes (Pa.s) para misturas para bolo reconstituídas

Velocidade de Rotação (rpm)	Formulação		
	MPB1	MPB2	MPB3
70	9600 aA	7486 bA	6300 cA
80	8950 aAB	6925 bAB	5963 cAB
90	8222 aBC	6511 bBC	5539 cABC
100	7660 aCD	6200 bBCD	5270 cBCD
120	6917 aDE	5684 bCDE	4809 cCDE

135	6445 aEF	5348 bDEF	4437 cDEF
140	6300 aEFG	5243 bEF	4379 cEF
150	6080 aEFGH	5027 bEFG	4307 cEF
160	5888 aFGH	4825 bEFG	4141 cEF
180	5545 aGH	4500 bFG	3931 bEF
200	5270 aH	4360 bG	3719 cF

DMS p/ colunas = 882,478; DMS p/ linhas = 626,211; CV (%) = 4,40; MG = 5811,348 Pa.s; DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação. Obs: Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Como pode ser observado a partir da Tabela II.3, obtiveram-se as viscosidades mais elevadas para massa contendo maior percentual de polpa de banana. Este resultado pode ser devido à conformação exclusiva de polpa de banana (TURABI, SUMNU e SAHIN, 2008). Além disso, a interação sinérgica entre polpa e cascas de banana resultou em menor viscosidade em comparação com outras formulações.

Todas as formulações contendo diferentes concentrações de cascas de banana apresentaram comportamento pseudoplástico, o que significa que a viscosidade aparente diminui à medida que a taxa de cisalhamento aumenta (Tabela II.3).

Na Tabela II.4 estão apresentados os parâmetros dos modelos de Ostwald-de-Waelle, Herschel-Bulkley e Casson nas diferentes proporções de casca de banana, seus coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P).

Tabela II.4. Parâmetros dos modelos reológicos ajustados aos dados experimentais das misturas para bolo reconstituídas seus coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P).

Modelos	Concentração de cascas	Parâmetros			R^2	P (%)
		-	K	n		
Ostwald-de-Waelle	MPB1	-	28,7047	0,4489	0,9980	0,5670
	MPB2	-	21,6548	0,4776	0,9975	0,6737
	MPB3	-	19,3956	0,4971	0,9998	0,2176
Herschel-Bulkley		OH	K_H	n_H		
	MPB1	95,8737	1,7945	0,9377	0,9976	0,1444
	MPB2	-45,3548	44,1521	0,3673	0,9999	0,6096
	MPB3	-12,6675	24,8239	0,4570	0,9998	0,1947
Casson		K_{oc}	-	K_c		
	MPB1	7,4835	-	0,7649	0,9995	0,2993
	MPB2	6,4229	-	0,7649	0,9966	0,8579
	MPB3	6,0423	-	0,7902	0,9991	0,4326

Em que: τ - tensão de cisalhamento (Pa); τ_0 - tensão de cisalhamento inicial (Pa); $\dot{\gamma}$ - taxa de deformação (s^{-1}); K - índice de consistência ($Pa \cdot s^n$); n_H - índice de comportamento do fluido (adimensional); K_{OC} - tensão de cisalhamento inicial (Pa); K_C - viscosidade plástica de Casson ($Pa \cdot s$).

O comportamento de redução do cisalhamento pode ser explicado pelo alinhamento da microestrutura com a direção do fluxo à medida que aumenta a taxa de cisalhamento, diminuindo a viscosidade aparente (Liu et al., 2018). Os dados obtidos do viscosímetro para as massas de bolo reconstituídas (MPB1, MPB2 e MPB3) a 25 °C foram bem ajustados ao modelo Ostwald-de-Waele com altos valores de coeficiente de determinação ($0,9975 < R^2 < 0,9998$) e baixos valores de desvio percentual médio ($0,2176 < P < 0,6737$). O mesmo ocorre para os modelos de Herschel-Bulkley ($0,9976 < R^2 < 0,9999$ e $0,1444 < P < 0,6096$) e Casson ($0,9991 < R^2 < 0,9995$ e $0,2993 < P < 0,8579$).

Pela equação de Ostwald-de-Waele o índice de consistência (K) apresentou valores de 28,7047, 21,6548 e 19,3956 para MPB1, MPB2 e MPB3, respectivamente (ou seja, conforme aumentamos a quantidade de cascas de banana o índice de consistência de Ostwald-de-Waele foi reduzido). O índice de comportamento do fluxo foi de 0,4489, 0,4776 e 0,4971 para as misturas MPB1, MPB2 e MPB3, respectivamente (ou seja, esse índice aumenta com a adição de cascas de banana). Assim, todas as formulações mostraram um comportamento pseudoplástico, o que significa que a viscosidade aparente diminui à medida que a taxa de cisalhamento aumenta (Ronda et al., 2011).

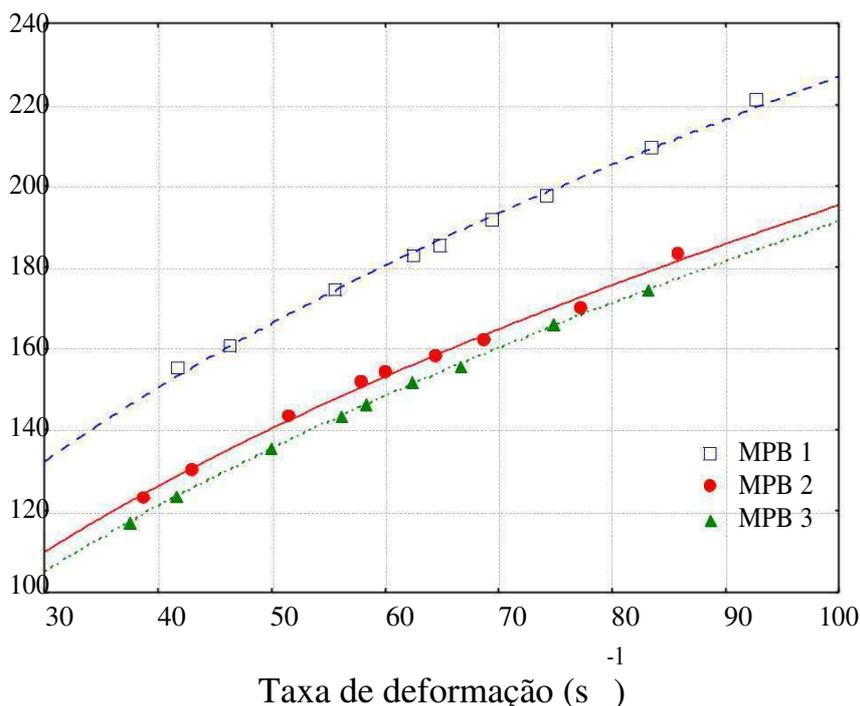
A equação de Herschel-Bulkley é um modelo amplamente utilizado para materiais pseudoplásticos (Zhang et al., 2015; Liu et al., 2018). Onde para todas as misturas foi inferior a 1, o que significa que as misturas eram fluidos não-newtonianos (Costakis et al., 2016). Ainda para a equação de Herschel-Bulkley, podemos observar que os parâmetros da equação não obedeceram uma sequência lógica de aumento ou redução dos seus valores, conforme foram adicionadas e incorporadas cascas de banana as formulações. Podemos verificar que a formulação MPB2 apresentou menor valor de n_H (0,3673) e maior valor de K_H (44,1521) indicando força mecânica mais forte e maior capacidade de conservação da forma (Liu et al., 2018). Quanto aos valores negativos de algumas das tensões iniciais (Tabela II.4) para o modelo de Herschel-Bulkley é o resultado do ajuste do próprio modelo influenciado por erros experimentais. As baixas taxas de cisalhamento provocam oscilações nas medidas, em reômetro ou viscosímetro de cilindros concêntricos, não permitindo a determinação precisa da tensão inicial (OLIVEIRA et al., 2008).

Para o ajuste da equação de Casson foram obtidos valores de tensão de cisalhamento inicial (K_{0c}) de 7,4835, 6,4229 e 6,0423 Pa para os experimentos MPB1, MPB2 e MPB3, respectivamente. A viscosidade plástica de Casson (K_c) apresentou valores de 0,7649, 0,7649 e 0,7902 Pa.s para os experimentos MPB1, MPB2 e MPB3. Podemos verificar que a tensão de cisalhamento inicial é reduzida com o aumento da quantidade de cascas de banana, em contrapartida a viscosidade plástica de Casson apresenta o mesmo valor para MPB1, MPB2 e tem seu valor ligeiramente aumentado no MPB3 onde ocorre a maior concentração de cascas de banana.

Fazendo uma análise crítica do ponto de vista industrial, os materiais mais utilizados para extrusão são fluidos pseudoplásticos com comportamento de redução de cisalhamento. Um baixo “n” indica um forte comportamento de redução de cisalhamento e os materiais com este comportamento podem ser facilmente extrudidos devido à baixa viscosidade com a aplicação do esforço de cisalhamento (Feilden et al., 2016; Hao et al., 2010; Liu et al., 2018).

Observa-se que todos os modelos testados apresentaram coeficientes de determinação (R^2) maiores que 0,99 e desvios percentuais inferiores a 0,68, deste modo, o modelo de Ostwald-de-Waelle foi escolhido para representar o ajuste do modelo matemático aos dados experimentais por representar melhor através de seus parâmetros o comportamento das misturas para bolo (Figura II.1). Observa-se que para uma taxa de deformação fixa, a tensão de cisalhamento diminui com o com a adição de cascas.

Figura II.1. Comportamento reológico das três formulações de mistura para bolo reconstituídas com ajuste do modelo Ostwald-de-Waelle .



3.2. Características do bolo

Na Tabela II.5 estão dispostos os valores médios da análise do perfil de textura (TPA) dos bolos obtidos a partir das misturas prontas liofilizadas.

Tabela II.5. Valores médios das características físicas dos bolos

Parâmetros	MPB1	MPB2	MPB3
Firmeza (N) ^(ns)	20,59 ± 0,495 ^a	20,54 ± 0,590 ^a	19,96 ± 0,912 ^a
Coesividade (adimensional) [*]	0,48 ± 0,009 ^b	0,54 ± 0,008 ^a	0,54 ± 0,010 ^{ab}
Gomosidade (N) [*]	9,64 ± 0,366 ^b	11,48 ± 0,400 ^a	10,77 ± 0,265 ^{ab}
Elasticidade (mm)	1,00 ± 0,000	1,00 ± 0,000	1,00 ± 0,000
Mastigabilidade (J) [*]	9,28 ^b ± 0,726	11,31 ^a ± 0,687	10,77 ^{ab} ± 0,267

Médias seguidas da mesma letra minúscula, na linha, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$); ns não significativo ($p \geq 0,05$).

Observou-se que a firmeza não apresentou alterações significativas ($P < 0,05$) entre os bolos. A coesividade é uma unidade adimensional definida como a razão do somatório das forças empregadas na primeira e segunda compressão, que representam a estrutura interna do produto (Rosa et al, 2015). Valores baixos de coesividade caracterizam bolos de difícil

manipulação e fatiamento porque esfarelam com facilidade (Esteller et al, 2006). Os valores obtidos para este parâmetro indicam que com o aumento da concentração das cascas houve uma diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade.

Ainda na Tabela II.5, ressaltando o parâmetro gomosidade, podemos verificar que o mesmo aumenta bastante quando comparamos a polpa e a polpa integral. Podemos verificar que ocorre uma tendência de redução da gomosidade quando adiciona-se cascas de banana até 50%.

Os valores de elasticidade apresentaram-se iguais. Os tratamentos MPB2 e MPB3 apresentaram os maiores valores de mastigabilidade.

3.3. Análise microbiológica dos bolos

Segundo Yaqoob et al (2018), a deterioração microbiológica é um fator importante que limita a vida útil dos produtos de panificação. A deterioração causada por microorganismos causa perda econômica para os fabricantes e representa uma ameaça para a saúde dos consumidores. Essas perdas podem ser devidas a muitas razões, como, embalagem, prática sanitária na fabricação, condições de armazenamento e rotatividade do produto.

Os resultados da análise microbiológica estão dispostos na Tabela II.6, as quais apresentaram valores inferiores aos limites estabelecidos pela Resolução – RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001 (BRASIL, 2001), confirmando que o processo utilizado para a produção das misturas para bolos a partir de biomassa de banana verde é satisfatório do ponto de vista de segurança microbiológica, indicando que todas as amostras eram microbiologicamente seguros para o consumo humano.

Tabela 1. Resultado das análises microbiológicas dos bolos

Parâmetros	MPB1	MPB2	MPB3
Coliformes totais	< 3,0	< 3,0	< 3,0
Coliformes termotolerantes	< 3,0	< 3,0	< 3,0
Bolores e leveduras	Ausência	Ausência	Ausência
Salmonella sp.	Ausência	Ausência	Ausência

NMP- Número mais provável

3.4. Avaliação sensorial

O teste de qualidade em relação às características sensoriais aparência, aroma, textura e sabor dos bolos obtidos a partir das três formulações de massa pronta para liofilizada estão apresentados na Tabela II.7.

Tabela 2. Valores médios das características físicas dos bolos.

Parâmetros	MPB1	MPB2	MPB3
Aparência	4,25 ^a	4,23 ^a	4,36 ^a
Cor	4,25 ^a	4,29 ^a	4,30 ^a
Aroma	4,05 ^a	4,06 ^a	4,13 ^a
Sabor	4,11 ^a	4,31 ^a	4,34 ^a
Textura	4,29 ^a	4,35 ^a	4,41 ^a
Avaliação global	4,23 ^a	4,30 ^a	4,29 ^a
Intenção de compra	4,00 ^a	4,19 ^a	4,04 ^a
Índice de aceitabilidade (%)	84,00	85,20	86,22

Médias seguidas da mesma letra minúscula, na linha, não diferem estaticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$); ns não significativo ($p \geq 0,05$).

Não houve diferença significativa ($p < 0,05$) para os parâmetros sensoriais dos bolos em suas diferentes formulações, ou seja, a presença da casca não afeta as características sensoriais do produto. Observa-se, que os três bolo apresentaram ótimas notas para os parâmetros avaliados, porém, os bolos MPB3 com 50% de cascas e 50% de polpa de banana verde apresentaram pontuação ligeiramente maior para os parâmetros aparência, cor e sabor. Fica claro que, após uma análise dos resultados, a adição das cascas de banana verde nas formulações das misturas é viável, do ponto de vista sensorial. Esse resultado comprova que o bolo produzido com farinha de banana verde obteve ótima aceitação, o que sugere que esse produto é viável.

4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, pode-se afirmar que a elaboração de bolos sem glúten obtidos a partir de banana verde com e sem cascas, totalmente isentas de farinha de trigo, na reconstituição apresentaram comportamento pseudoplástico, a mistura composta apenas por polpa apresentou a maior viscosidade, os coeficientes apresentaram-se maiores que 0,99 e desvios inferiores a 0,68, sendo o modelo de Ostwald-de-Waelle que melhor representou os ajustes matemáticos aos dados experimentais. O perfil de textura não apresentou diferenças significativas para os parâmetros de firmeza e elasticidade, os demais parâmetros apresentaram variações estatisticamente significativas, porém com diferenças mínimas. As análises microbiológicas apresentaram resultados negativos indicando que os bolos foram desenvolvidos com segurança alimentar e não ofereceram riscos aos consumidores. Não houve diferença significativa para os atributos avaliados na avaliação sensorial dos bolos em suas diferentes formulações. Em síntese, as análises apresentadas concluíram que não ocorreram diferenças estatisticamente significativas que inviabilizem a utilização de uma das formulações para o desenvolvimento dos bolos.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AACC. American Association of Cereal Chemists. Approved methods of the AACC. 10th ed. St. Paul, 2000. 417p.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução CNPA N° 12 de 1978.** Diário Oficial, 24 jul. 1978. Disponível em: www.anvisa.gov.br. Acesso em: 14 de fev. 2018.

ALKARKHI, A. F. M.; RAMLI, S. B.; YONG, Y. S.; EASA, A. M. Physicochemical properties of banana peel flour as influenced by variety and stage of ripeness: multivariate statistical analysis. *Asian Journal of Food and Agro-Industry*, v.3, n.3, p.349-362, 2010.

ALKARKHI, A. F. M.; RAMLI, S. B.; YONG, Y. S.; EASA, A. M. Comparing physicochemical properties of banana pulp and peel flours prepared from green and ripe fruits. *Food Chemistry*, v.129, n.2, P.312–318, 2011.

AN, K.; ZHAO, D.; WANG, Z.; WU, J.; XU, Y.; XIAO, G. Comparison of different drying methods on Chinese ginger (*Zingiber officinale* Roscoe): Changes in volatiles, chemical profile, antioxidant properties, and microstructure. *Food Chemistry*, Oxford, v. 197, n. 1, p. 1292-1300, 2016.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis. 18th ed, 3th review, Washington, USA: AOAC, 2010. 1094 p.

APHA. American Public Health Association. Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. 4^a ed. Washington, 2001. 676 p.

ASMAR, S. A.; CASTRO, E. M.; PASQUAL, M.; SOARES, J. D. R. Changes in leaf anatomy and photosynthesis of micropropagated banana plantlets under silicon sources. *Scientia Horticulturae*, v.161, n.1, p. 328-332, 2013.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal Biochemistry Physiology*, Ottawa, v.37, n. 8, p. 911-917, 1959.

- BORGES, A. M.; PEREIRA, J.; SILVA JÚNIOR, A.; LUCENA, E. M. P.; SALES, J. C.
Estabilidade da mistura de bolo elaborada com 60% de farinha de banana verde.
Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 34, n. 1, p. 173-181, 2010.
- BRASIL, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 12, de 02 de Janeiro de 2001. Aprova o Regulamento Técnico, padrões microbiológicos para alimentos. Disponível em: Acesso em: 14 abr. 2015.
- CAPARINO, O. A.; TANG, J.; NINDO, C. I.; SABLANI, S. S.; POWERS, J. R.; FELLMAN, J. K. Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (Philippine ‘Carabao’ var.) powder. *Journal of Food Engineering*, Oxford, v. 111, n. 1, p. 135-148, 2012.
- CASTELO-BRANCO, V. N.; GUIMARÃES, J. N.; SOUZA, L.; GUEDES, M. R.; SILVA, P. M.; FERRÃO, L. L.; MIYAHIRAET, R. F.; GUIMARÃES, R. R.; FREITAS, S. M. L.; REIS,
- CASTELO-BRANCO, V. N.; GUIMARÃES, J. N.; SOUZA, L.; GUEDES, M. R.; SILVA, P. M.; FERRÃO, L. L.; MIYAHIRA, R. F.; GUIMARÃES, R. R.; FREITAS, S. M. L.; REIS, M. C.; ZAGO, L. O uso de pasta de banana verde (Musa balbisiana) e farinha de casca como ingrediente para macarrão de tagliatelle. *Revista Brasileira de Tecnologia de Alimentos*, v.20, n.3, p.1-8, 2017.
- CHOO, C. H.; AZIZ, N. A. Effects of banana flour and β -glucan on the nutritional and sensory
- CNNPA. Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos. Resolução CNNPA nº 12 de 1978, 1978. Disponível em: Acesso em: 14 Dez. 2014.
- CUNHA, C. R. V.; MACIEL, T.; SOUZA, J. M. L. Mistura para bolo com farinhas de castanha-do-brasil e banana verde. Rio Branco: Embrapa Acre, 2014.
- DAMIANI, C. R. Avaliação nutricional e aceitabilidade de alimentos formulados utilizados em programas institucionais. 1989. 79 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1989.
- DAUDA, A. O.; ABIODUN, O. A.; ARISE, A. K.; OYEYINKA, S. A. Nutritional and consumers acceptance of biscuit made from wheat flour fortified with partially

defatted groundnut paste. **LWT - Food Science and Technology**, v. 90, p. 265–269, 2018.

DIAS, C. S.; BORGES, S. V.; QUEIROZ, F.; PEREIRA, P. A. P. Influência da temperatura sobre as alterações físicas, físico-químicas e químicas de geleia da casca de banana (*Musa spp.*) Cv. Prata durante o armazenamento. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*. V.70, n.1, p.28-34, 2011.

evaluation of noodles. *Food Chemistry*, v.119, n.1, p.34-40, 2010.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. An introduction to the basic concepts of food security, 2009. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/013/al936e/al936e00.pdf>. Acesso em: 19 FEV. 2018.

FEILDEN, E.; BLANCA, E. G.-T.; GIULIANI, F.; SAIZ, E.; VANDEPERRE, L. Robocasting of structural ceramic parts with hydrogel inks. **Journal of the European Ceramic Society**, v. 36, n. 10, p. 2525–2533, 2016.

GOMES, L. D. O. F.; SANTIAGO, R. D. A. C.; KOAKUZU, S. N.; BASSINELLO, P. Z. Estabilidade microbiológica e físico-química de misturas para bolo sem glúten e qualidade dos bolos prontos para consumo. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 17, n. 4, p. 283–295, 2014.

GONDIM, J. A. M.; MOURA, M. F. V.; DANTAS, A. S.; MEDEIROS, R. L. S.; SANTOS, K. M. Composição centesimal e de minerais EM cascas de frutas. *Ciência Tecnologias Alimentos*, v.25, n.4, p.825-827, 2005.

HAO, L.; MELLOR, S.; SEAMAN, O.; HENDERSON, J.; SEWELL N.; SLOAN, M. Material characterisation and process development for chocolate additive layer manufacturing. **Virtual and Physical Prototyping**, v. 5, n. 2, p. 57–64, 2010.

HO, L.-H.; ABDUL AZIZ, N. A.; AZAHARI, B. Physico-chemical characteristics and sensory evaluation of wheat bread partially substituted with banana (*Musa acuminata* X *balbisia* cv. Awak) pseudo-stem flour. **Food Chemistry**, v. 139, n. 1, p. 532–539, 2013.

IAL. Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análises de alimentos. 4ª ed., 1ª ed. Digital, São Paulo: IAL, 2008. 1020 p

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Pesquisa Mensal de Previsão e Acompanhamento das Safras Agrícolas no Ano Civil, 2014. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 15 fev. 2018.

KRISHNAN, M.; PRABHASANKAR, P. Studies on pasting, microstructure, sensory, and nutritional profile of pasta influenced by sprouted finger millet (*Eleucina coracana*) and green banana (*Musa paradisiaca*) flours. *Journal of Texture Studies*, v.41, n.6, p.825-841, 2010.

LAGO-VANZELA, E. S.; RAMIN, P.; UMSZA-GUEZ, M. A.; SANTOS, G. V.; GOMES, E.; DA SILVA, R. Chemical and sensory characteristics of pulp and peel ‘cajámanga’ (*Spondias cytherea* Sonn.) jelly. *Ciência e Tecnologias Alimentos*, v.31, n.2, p.398-405, 2011.

LIU, Z.; ZHANG, M.; BHANDARI, B.; YANG, C. Impact of rheological properties of mashed potatoes on 3D printing. **Journal of Food Engineering**, 3D Printed Food – Design and Technology., v. 220, p. 76–82, 2018.

M. C.; ZAGO, L. The use of green banana (*Musa balbisiana*) pulp and peel flour as an ingredient for tagliatelle pasta. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, p. 1-8, 2017.

MATSUURA, F. C. A. U.; COSTA, J. I. P.; FOLEGATTI, M. I. S. Marketing de banana: preferências do consumidor quanto aos atributos de qualidade dos frutos. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.26, n.1, p.48-52, 2004.

MITSCHKA, P. Simple conversion of Brookfield RVT: readings into viscosity functions. *Rheologica Acta*, Prague, v. 21, p. 207-209, 1982.

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

- NALEVAIKO, F. K. S. Bolos Industrializados: uma Tendência Nacional. Disponível em: <http://www.insumos.com.br/aditivos_e_ingredientes/edicoes_materias.php?id_edicao=20>. Acesso em: 17 out. 2017.
- NGEMAKWE, P. H. N.; REMIZE, F.; THAOGE, M. L.; SIVAKUMAR, D. Phytochemical and nutritional properties of underutilised fruits in the southern African region. *South African Journal of Botany*, v.113, n.1, p.137-149, 2017.
- OLIVEIRA, K. H.; SOUZA, J. A. R. DE; MONTEIRO, A. R. Rheological characterization of ice cream. **Food Science and Technology**, v. 28, n. 3, p. 592–598, 2008.
- OSAWA, C. C.; FONTES, L. C. B.; MIRANDA, E. H. W.; CHANG, Y. K.; STEEL, C. J. Physical and chemical evaluation of chocolate cake covered with gelatin, stearic acid, modified starch or “carnaúba” wax edible icing. **Food Science and Technology**, v. 29, n. 1, p. 92–99, 2009.
- RONDA, F.; OLIVETE, B.; GÓMEZ, M.; CABALLERO, P. A.; PANDO, V. Rheological study of layer cake batters made with soybean protein isolate and different starch sources. **Journal of Food Engineering**, v. 102, n. 3, p. 272–277, 2011.
- SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; OLIVEIRA, L. M.; CANAVESI, E. Requisitos de Conservação de Alimentos em Embalagens Flexíveis. Campinas: CETEA/ITAL, 2001. 215 p.
- SARAWONG C., SCHOENLECHNER R., SEKIGUCHI K., BERGHOFER E., NG P. K. Effect of extrusion cooking on the physicochemical properties, resistant starch, phenolic content and antioxidant capacities of green banana flour. *Food Chemistry*. v.143, n.1, p.33–39, 2014.
- 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.
- SILVA, F. A. S., AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. *African Journal Agricultural Research*, v. 11 (39), p. 3733-3740, 2016.

- SILVA, J. P.; NETTO-OLIVEIRA, E. R.; PEREIRA, S. C. M.; MONTEIRO, R. G. Avaliação Físico-Química e Sensorial de Pães Produzidos com Substituição Parcial de Farinha de Trigo por Farinha de Banana Verde. *Revista Brasileira de Pesquisa em Alimentos*, v.5, n.3, p.1-7, 2014.
- SOUZA, M. E.; LEONEL, S.; FRAGOSO, A. M. Crescimento e produção de genótipos de bananeiras em clima subtropical. *Ciência Rural*, v.41, n.4, p.581-591, 2011.
- TURABI, E.; SUMNU, G.; SAHIN, S. Rheological properties and quality of rice cakes formulated with different gums and an emulsifier blend. ***Food Hydrocolloids***, v. 22, n. 2, p. 305–312, 2008.
- YAQOOB, S.; BABA, W. N.; MASOODI, F. A.; SHAFI, M.; BAZAZ, R. Effect of sprouting on cake quality from wheat–barley flour blends. ***Journal of Food Measurement and Characterization***, p. 1–13, 2018.

ANEXO – I

**PEDIDO NACIONAL DE INVENÇÃO, MODELO DE UTILIDADE, CERTIFICADO
DE ADIÇÃO DE INVENÇÃO E ENTRADA NA FASE NACIONAL DO PCT**



Pedido nacional de Invenção, Modelo de Utilidade, Certificado de Adição de Invenção e entrada na fase nacional do PCT

Número do Processo: BR 10 2017 018785 3

Dados do Depositante (71)

Depositante 1 de 1

Nome ou Razão Social: UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE - PB

Tipo de Pessoa: Pessoa Jurídica

CPF/CNPJ: 05055128000175

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Jurídica: Instituição de Ensino e Pesquisa

Endereço: AV. APRIGIO VELOSO, 882 - UNIVERSITÁRIO

Cidade: Campina Grande

Estado: PB

CEP: 58429900

País: Brasil

Telefone: (83) 2011601

Fax: (83) 21011601

Email: niftg@ufcg.edu.br

ANEXO – II

FICHA PARA TESTE DE ACEITAÇÃO

ANEXO – II

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

As pesquisas envolvendo seres humanos são norteadas pela Resolução CNS n.º 466/2012 Prezado (a) Senhor (a)

Esta pesquisa é sobre Avaliação física, físico-química e sensorial de bolos produzidos a partir da biomassa de banana verde, que está sendo desenvolvida por Ana Nery Alves Martins Pereira Leite, matrícula 2161.16343-4, aluna da pós graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, sob a orientação da professora Dra. Ana Paula Trindade Rocha.

A banana (*musa spp.*), mas especificadamente a banana verde, apresentou-se como saída para a substituição do trigo, principalmente para o público celíaco devido à ausência de glúten em sua composição e por ser rica em fibras, carboidratos, vitaminas e minerais. Portanto, este trabalho teve como objetivo produzir uma mistura para bolo sem glúten sabor chocolate em pó a partir da biomassa de banana verde.

Para a avaliação da Análise sensorial relativa ao bolo produzido após a reconstituição das misturas será realizada por meio de teste de aceitação utilizando a escala hedônica estruturada de 5 pontos (5 = gostei muito e 1 = desgostei muito). Os atributos avaliados pela escala hedônica serão aparência, cor, aroma, sabor, textura (maciez) e avaliação global. A equipe sensorial será formada por julgadores não treinados. Também será realizado teste de intenção de compra e um teste para avaliar qual(is) do(s) atributo(s) julgados no teste de aceitação são mais importantes na escolha da compra do produto.

O objetivo do estudo é obter respostas a cerca das características sensoriais percebidos quando alteradas as concentrações de casca e polpa, buscando um produto que mantenha as melhores características sensoriais, com o melhor sabor, e melhor conteúdo nutricional. Para endossar a pesquisa serão realizadas análises físicas e físico-químicas, disponibilizando assim informações detalhadas a respeito das características nutricionais, de opinião e atitudes dos consumidores.

Solicitamos a sua colaboração para a realização das análises sensoriais, como também sua autorização para apresentar os resultados deste estudo em eventos da área de alimentos e publicar em revista científica. Por ocasião da publicação dos resultados, seu nome será mantido em sigilo.

A produção dos bolos será realizada seguindo as normas de boas práticas de fabricação (BPF) e também foram realizados testes microbiológicos nas amostras antes de serem servidas

aos julgadores. Os riscos dessa pesquisa são reações alérgicas, engasgamento por parte dos participantes após a ingestão do produto. O pesquisador prestará assistência integral ao participante da pesquisa no que se refere às complicações, reações adversas a saúde e possíveis danos referentes da pesquisa. Este trabalho terá como benefício obter a melhor formulação de bolo a partir das biomassas de banana verde com intuito de que o mesmo possa beneficiar o desenvolvimento de novos produtos com elevada qualidade nutricional, principalmente para pessoas sensíveis ao glúten e que apresente boa aceitação sensorial.

Esclarecemos que sua participação no estudo é voluntária e, portanto, o(a) senhor(a) não é obrigado(a) a fornecer as informações e/ou colaborar com as atividades solicitadas pelo Pesquisador (a). Caso decida não participar do estudo, ou resolver a qualquer momento desistir do mesmo, não sofrerá nenhum dano. O pesquisador (a) estará a sua disposição para qualquer esclarecimento que considere necessário em qualquer etapa da pesquisa.

Diante do exposto, declaro que fui devidamente esclarecido (a) e dou o meu consentimento para participar da pesquisa e para publicação dos resultados. Estou ciente que receberei uma via desse documento.

Assinatura do Participante da Pesquisa

Contato com o Pesquisador (a) Responsável:

Caso necessite de maiores informações sobre o presente estudo, favor ligar para o pesquisador Ana Nery Alves Martins Pereira Leite ou a pesquisadora Ana Paula Trindade Rocha (Orientadora)

Endereço (Setor de Trabalho): Universidade Federal de Campina Grande- Campus Campina Grande, Bodocongó, Campina Grande - PB, Brasil - CEP: 58429-900 (Bloco CZ1 – Curso de Graduação em Engenharia de Alimentos) Telefone: (83) 2101-1872 (Orientadora).

Endereço (Setor de Trabalho): Universidade Federal de Campina Grande- Campus Campina Grande, Bodocongó, Campina Grande - PB, Brasil - CEP: 58429-900 (Bloco CZ1 – Curso de Graduação em Engenharia de Alimentos) Telefone: (83) 99802-5118 (Aluna pesquisadora).

Ou

Comitê de Ética em Pesquisa do HUAC/UFCG –Rua Dr. Carlos Chagas,s/nº, edifício do Hospital Alcides Carneiro - Bairro São José, CEP: 58401-490 – email: cep@huac.ufcg.edu.br,
Telefone: 2101-5545

Atenciosamente,

Assinatura do Pesquisador Responsável