

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E TECNOLOGIA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM ALIMENTOS
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**



**JOYCE MIKAELLY FERREIRA CRUZ
PRISCILA NAOMI DE OLIVEIRA MIYAKE**

**ELABORAÇÃO DE BALAS COMÉSTIVEIS DE FRUTAS
CÍTRICAS (*Citrus sinensis*, *Citrus limon*) COM AMIDO
MODIFICADO DE MANDIOCA (*Manihot esculenta*).**

BELÉM - PARÁ

2023

JOYCE MIKAELLY FERREIRA CRUZ
PRISCILA NAOMI DE OLIVEIRA MIYAKE

**ELABORAÇÃO DE BALAS COMÉSTIVEIS DE FRUTAS CÍTRICAS
(*Citrus sinensis*, *Citrus limon*) COM AMIDO MODIFICADO DE MANDIOCA
(*Manihot esculenta*).**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado como requisito para
obtenção de grau de Tecnólogo (a) de
Alimentos, da Universidade do
Estado do Pará.

Orientadora: Profª. Drª. Maricely
Janette Uriá Toro

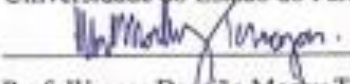
Data de aprovação: 30/11/2023

Banca examinadora:

 Orientadora
Profª. Maricely Janette Uriá Toro

Drª. em Química Analítica

Universidade do Estado do Pará

 Membro
Prof. Werner Danião Morhy Terrazas

Drª. em Alimentos e Nutrição

Universidade do Estado do Pará

 - Membro
Esp. Iuri Ferreira da Costa

Mestrando em Ciência e Tecnologia de Alimentos

Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologia de Alimentos (PPGCTA-UFGA)

Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologia de Alimentos (PPGCTA-UFGA)

BELÉM

2023

A Deus, familiares, amigos e aos namorados, que nos deram forças nos momentos difíceis. A nós mesmas, por todo empenho e dedicação que nos trouxeram até aqui. Esta conquista é compartilhada, celebramos juntos a realização desse sonho.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força e perseverança concedidas, essenciais para superar os obstáculos enfrentados ao longo dessa trajetória. Aos meus queridos pais, Gilcelio e Sumaia, a minha irmã Jessica e ao meu amor, Vinicius, pelo apoio constante, crença em meu potencial e palavras de incentivo.

A professora orientadora, Dra. Maricely Úria, por acreditar e apoiar nosso projeto de pesquisa. Sua dedicação, paciência e vasto conhecimento enriqueceram minha jornada acadêmica, fortalecendo minha paixão pelo curso.

Ao corpo docente do curso pela contribuição fundamental em minha formação. Aos colegas de curso, pelos risos compartilhados e cooperação ao longo dos anos. Aos técnicos, monitores e estagiários dos laboratórios pelo suporte nas análises. Em especial, à professora Dra. Luciane Brasil e ao Tecnólogo de Alimentos, Iuri Costa, pela disponibilidade constante em resolver problemas de última hora.

Não menos importante, manifesto profunda gratidão à minha parceira de TCC, Naomi Miyake, pela paciência incansável nas inúmeras vezes que chamei seu nome pela UEPA. Acredito que não poderia ter tido dupla melhor. Nos adaptamos às nossas diferenças, o que permitiu a realização conjunta de um excelente trabalho.

Joyce Mikaelly Ferreira Cruz

Agradeço imensamente a Deus por ter me proporcionado o grande sonho da minha vida. A minha mãe, Adriana, por nunca ter duvidado da minha capacidade. Aos familiares que sempre estiveram por mim nesta caminhada árdua, principalmente a minha vó Fátima, por ela minha gratidão é eterna. Ao meu noivo, João Henrique, muito obrigada por me ouvir e ser meu porto seguro quando mais precisei.

Agradeço a professora orientadora Dra. Maricely Toro por compartilhar seus ricos conhecimentos e sendo "Mãe do Laboratório de Química" para todos. Com certeza, a sua presença na Universidade foi significativa para moldar o meu amor pelo curso.

Aos meus colegas do curso agradeço a cada memória construída juntos. Aos docentes e funcionários que sempre nos ajudaram para fazer com que a nossa aprendizagem e experiência na UEPA fossem únicas, meu sincero obrigada.

A minha dupla, a Joyce, que não tenho palavras para descrever a gratidão. Agradeço por ela embarcar nessa jornada e ser a melhor parceira que eu poderia ter.

Priscila Naomi de Oliveira Miyake

RESUMO

CRUZ, JOYCE MIKAELLY FERREIRA; MIYAKE, PRISCILA NAOMI DE OLIVEIRA. **Elaboração de balas comestíveis de frutas cítricas (*Citrus sinensis*, *Citrus limon*) com amido modificado de mandioca (*Manihot esculenta*).** Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Tecnologia de Alimentos) – Universidade do Estado do Pará, Belém - Pará, 2023.

A crescente procura por produtos saudáveis pode impulsionar a busca por balas com melhor perfil nutricional, considerando que as balas de goma convencionais são caracterizadas por alto teor de açúcares e aditivos químicos. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo elaborar balas comestíveis de frutas cítricas (*Citrus sinensis*, *Citrus limon*) com amido modificado de mandioca (*Manihot esculenta*) a fim de agregar valor nutricional e conferir textura característica ao produto. O amido de mandioca foi modificado com ácido cítrico, seguido pela quantificação dos grupos carbonila e carboxila. A partir disso, foram desenvolvidas três formulações de balas de goma, variando apenas o conteúdo de suco de laranja pêra e limão siciliano, sendo FA (27,1%;4,5%), FB (22,6%;9,0%) e FC (15,8%;15,8%). As análises físico-químicas seguiram as metodologias do Instituto Adolf Lutz, exceto para compostos fenólicos, cujo dados foram submetidos à ANOVA e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5%. O amido modificando de mandioca apresentou aumento nos teores de carbonila e carboxila (0,028 CO/100 UG e 0,068 COOH/100g UC) em comparação ao amido nativo (0,012 CO/100 UG e 0,01 COOH/100g UC), confirmando a sua modificação e sugerindo uma possível influência na textura das balas desenvolvidas. As balas diferiram estatisticamente ($p < 0,05$) na umidade, carboidratos, valor energético e acidez. A formulação FA apresentou a menor quantidade de carboidratos (65,22 g/100g), a menor densidade energética (275,01 kcal/100g) e a menor acidez (1,29 g de ácido cítrico/100g) quando comparada com a FB e FC, influenciada diretamente pela composição do suco de laranja. Embora não tenha existido diferenças significativas ($p < 0,05$) em compostos fenólicos, estes foram superiores em comparação com outras balas, sendo a FA a que apresentou uma maior quantidade de 78,14 mg GAE/100g, isso se deve a presença do mel de abelha italiana, que é rico neste componente. A formulação FA se destaca por seu valor nutricional superior, se posicionando como um potencial inovação no mercado de confeitos, pela combinação eficaz de aspectos sensoriais e nutricionais.

Palavra-Chave: Balas de goma, amido modificado, frutas cítricas, mel.

ABSTRACT

CRUZ, JOYCE MIKAELLY FERREIRA; MIYAKE, PRISCILA NAOMI DE OLIVEIRA. **Elaboration of edible citrus fruit candies (*Citrus sinensis*, *Citrus limon*) with modified cassava starch (*Manihot esculenta*).** Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Tecnologia de Alimentos) – Universidade do Estado do Pará, Belém - Pará, 2023.

The growing demand for healthier products may drive the search for candies with a better nutritional profile, considering that conventional gummy candies are characterized by high sugar content and chemical additives. In this context, the present study aimed to develop edible citrus fruit candies (*Citrus sinensis*, *Citrus limon*) with modified cassava starch (*Manihot esculenta*) to enhance nutritional value and provide a distinctive texture to the product. Cassava starch was modified with citric acid, followed by the quantification of carbonyl and carboxyl groups. Subsequently, three formulations of gummy candies were developed, varying only the content of pear orange and Sicilian lemon juice, labeled as FA (27.1%; 4.5%), FB (22.6%; 9.0%), and FC (15.8%; 15.8%). Physical-chemical analyses followed the methodologies of the Adolf Lutz Institute, except for phenolic compounds, whose data were subjected to ANOVA, and means were compared by the Tukey test at 5%. Modified cassava starch showed an increase in carbonyl and carboxyl content (0.028 CO/100 UG and 0.068 COOH/100g UC) compared to native starch (0.012 CO/100 UG and 0.01 COOH/100g UC), confirming its modification and suggesting a potential influence on the texture of the developed candies. The candies differed statistically ($p < 0.05$) in moisture, carbohydrates, energy value, and acidity. Formulation FA presented the lowest amount of carbohydrates (65.22 g/100g), the lowest energy density (275.01 kcal/100g), and the lowest acidity (1.29 g citric acid/100g) compared to FB and FC, directly influenced by the composition of orange juice. Although there were no significant differences ($p < 0.05$) in phenolic compounds, these were higher compared to other candies, with FA having the highest quantity of 78.14 mg GAE/100g. This is attributed to the presence of Italian bee honey, which is rich in this component. The FA formulation stands out for its superior nutritional value, positioning itself as a potential innovation in the confectionery market, effectively combining sensory and nutritional aspects.

Keyword: Gummy candy, modified starch, citrus fruits, honey.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Abelha italiana examinando um alvéolo no favo de mel	16
Figura 2 - Ilustração da reação de esterificação do amido com o ácido cítrico	20
Figura 3 - Fluxograma da extração de amido nativo da mandioca	22
Figura 4 - Fluxograma da modificação do amido de mandioca com ácido cítrico	23
Figura 5 - Fluxograma do processamento das balas de goma	26
Figura 6 - Sequência das análises físico-químicas realizadas	27
Figura 7 - Atuação do ácido gálico como agente redutor, promovendo a redução do molibdênio VI para molibdênio V	30
Figura 8 - Curva padrão em ácido gálico em mg/L	30
Figura 9 - Balas comestíveis de frutas cítricas com amido modificado de mandioca ...	42
Figura 10 - Balas de goma – Citrus em embalagem de 20g	43
Figura 11 – Espectros de FTIR do amido nativo	47
Figura 12 – Espectros de FTIR do amido modificado com ácido cítrico	47
Figura 13 - grânulos de amido localizados dentro das zonas ocas da matriz de gelatina	48
Figura 14 - AMAC integrados à estrutura da rede de gelatina	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Formulações das balas de goma	25
Tabela 2 - Parâmetros físico-químicos de polpas de laranja pêra e limão siciliano utilizadas nas formulações das balas comestíveis	34
Tabela 3 - Características físico-químicas do mel italiana	36
Tabela 4 - Critérios de referência para as provas qualitativas pelo Instituto Adolf Lutz	37
Tabela 5 - Composição centesimal das balas comestíveis	39
Tabela 6 - Análises físico-químicas das balas comestíveis	44
Tabela 7 - Quantidade de carbonila e carboxila do amido nativo e amido modificado com ácido cítrico	46

SUMÁRIO

1 Introdução	11
2 Objetivos	13
2.1 Objetivo Geral	13
2.2 Objetivos específicos	13
3 Revisão de literatura	14
3.1 Frutas cítricas	14
3.2 Laranja pêra	14
3.3 Limão siciliano	15
3.4 Abelha italiana	16
3.5 Mel	16
3.6 Mandioca	18
3.7 Amido de mandioca	18
3.8 Modificação química	19
4 Material e métodos	21
4.1 Material	21
4.2 Extração do amido de mandioca	21
4.3 Modificação do amido de mandioca	22
4.4 Teor de carbonila	23
4.5 Teor de carboxila	24
4.6 Espectroscopia FTIR	24
4.7 Elaboração das balas de goma	24
4.8. Análises Físico-químicas	26
4.8.1 Determinação de sólidos solúveis por refratometria	27
4.8.2 Determinação da acidez titulável em ácido orgânico	27
4.8.3 Determinação do potencial hidrogeniônico (pH)	28
4.8.4 Determinação de açúcar redutor	28
4.8.5 Teste de Lund	29
4.8.6 Teste de Fiehe	29
4.8.7 Teste de Lugol	29
4.8.8 Determinação dos compostos fenólicos	29
4.8.9 Determinação de umidade	31
4.8.10 Determinação de cinzas	31

4.8.11 Determinação de proteínas	31
4.8.12 Determinação de lipídios	32
4.8.13 Determinação de carboidratos	32
4.8.14 Análise estatística	33
5 Resultados e discussão	34
6 Conclusão	49
Referências	50

1. INTRODUÇÃO

Segundos os dados da Associação Brasileira da Indústria de Chocolates, Amendoim e Balas (ABICAB), o Brasil ocupa a 9ª posição entre os países que lideram o volume de confeitos de açúcar e goma de mascar no varejo, ficando atrás da China (1ª), Estados Unidos (2ª), Alemanha (3ª), Índia (4ª), Japão (5ª), Rússia (6ª), México (7ª) e Indonésia (8ª). No ano de 2021, o mercado de balas e gomas de mascar no país movimentou cerca R\$9,6 bilhões, produzindo 242 mil toneladas e exportando 106,1 mil toneladas para 142 países, destacando-se os países de destino, o Estados Unidos, Paraguai, Argentina e Canadá (ABICAB, 2021).

Além disso, de acordo com os dados de uma pesquisa Ibope, encomendada pela ABICAB (2018), revelou que 55% dos brasileiros consumiam balas e gomas pelo menos de 2 a 5 vezes por semana, sendo incentivados pela sensorialidade e prazer, tendo preferência pelos sabores de menta e frutas. O consumo per capita do brasileiro se encontra acima de 1 quilo por habitante/ano (EUROMONITOR INTERNATIONAL *apud* ABICAB, 2020).

A indústria de balas e gomas pode ser afetada pela tendência da “saúdabilidade e bem-estar”, relacionada com a busca por um estilo de vida mais saudável. Esse público opta por alternativas menos processadas e mais saudáveis, como os alimentos naturais com propriedades funcionais, que além da função básica de nutrir, também, traz benefícios a saúde, prevenindo diversas Doenças Crônicas Não Transmissíveis (DCNTs) (NEVES, 2020).

De acordo com a RDC nº 265, de 22 de setembro de 2005 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), a bala e similares é definido como “produto constituído por açúcar e/ou outros ingredientes que pode apresentar recheio, cobertura, formato e consistência variado” (BRASIL, 2005). As balas de goma ou gelatina, também conhecidas, como jujubas, são caracterizadas por ser uma goma de corte, de consistência firme e textura elástica com aspecto transparente e brilhante (SANTOS et al, 2022).

Os ingredientes mais comuns em sua composição são: açúcar, xarope de glicose, agentes gelificantes (pectina, gelatina, amidos especiais, goma arábica, ágar), acidulante (ácido cítrico), aromatizantes e corantes (LAZZAROTTO et al., 2008 *apud* SANTOS et al., 2022). São amplamente consumidas entre o público infanto-juvenil devido a variedade de sabores, tamanhos e formatos, além de serem facilmente encontradas em lojas de conveniência, supermercados e farmácias.

Alguns dos corantes artificiais encontrados na composição das balas de goma são o vermelho 40, amarelo crepúsculo e indigotina, responsáveis pela coloração e atratividade do produto, entretanto, podem contribuir para o surgimento de casos de reações alérgicas e hiperatividade em crianças (SANTOS et al., 2022). Além disso, o seu sabor doce é devido alta quantidade de açúcares, que quando consumido em excesso provoca quadros de sobrepeso e obesidade.

Atualmente, existe uma crescente preocupação dos consumidores com relação à saúde e bem-estar, o que tem levado à busca por alternativas mais naturais e saudáveis no mercado (GARCIA e PENTEADO, 2005 *apud* SANTOS et al., 2022). Nesse cenário, o desenvolvimento de balas comestíveis utilizando matérias-primas naturais pode atender às expectativas desse público.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Elaborar balas comestíveis de frutas cítricas (*Citrus sinensis*, *Citrus limon*) com amido modificado de mandioca (*Manihot esculenta*) a fim de agregar valor nutricional e conferir textura característica ao produto.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar a extração do amido a partir das raízes de mandioca;
- Modificar quimicamente o amido de mandioca com ácido cítrico;
- Confirmar a modificação do amido através dos teores de grupos carbonila e carboxila e espectroscopia FTIR;
- Elaborar diferentes formulações de balas de goma;
- Determinar a composição físico-química das balas de goma.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. FRUTAS CÍTRICAS

A produção global de frutas cítricas assume relevância econômica, sendo o Brasil responsável por cerca de 30% da produção mundial. Esta expressiva participação coloca o país entre os maiores exportadores devido à elevada produção e colheita anual (ALMEIDA, 2019).

O grupo dos citros compreende as espécies do gênero *Citros* e se encontra distribuído mundialmente, sendo mais proeminente em regiões tropicais. O consumo de laranja e limão, principais frutas cítricas desse grupo, está associado às propriedades terapêuticas decorrentes do elevado teor de antioxidantes e compostos fenólicos (ALMEIDA, 2019).

Os ácidos cítricos presentes em citros são consideradas como principais fontes de vitaminas e compostos bioativos, como antioxidantes e compostos fenólicos, os quais estão relacionados com a melhoria no estado fisiológico, na redução de doenças cardiovasculares e neurodegenerativas (ABOUL-ENEIN et al., 2013 *apud* PINTO, 2019). A concentração desses bioativos em cada fruta pode variar devido a fatores como clima, solo e época da safra.

3.2 LARANJA PÊRA

Originária do sul da Ásia, a *Citrus Sinensis*, conhecida como laranja pêra no Brasil, foi introduzida no país nos primeiros períodos de colonização. Ao longo do tempo essa fruta tornou-se bastante difundida, sendo uma matéria-prima versátil. Seu uso abrange diversas áreas, incluindo a culinária, a indústria farmacêutica, alimentícia e cosmética (BEZERRA, 2022).

A laranja pêra se destaca como a fruta cítrica mais cultivada no mundo, atingindo uma produção significativa de 47,2 milhões de toneladas entre 2020 e 2021. O Brasil, se posiciona como o segundo maior produtor mundial de citros, assumindo a liderança na produção de laranjas e suco de laranja. Na safra de 2020/21, o país representou 31% da produção mundial desta fruta. A citricultura no Brasil é bastante concentrada nos estados de São Paulo e Minas Gerais, reconhecidos como os maiores polos citrícolas do país. Essas regiões abrangem aproximadamente 70% da área cultivada com a cultura, representando 83% da produção nacional de laranja (VIDAL, 2022).

Por proporcionar diversos benefícios econômicos e para a saúde, dada a sua acessibilidade de preço e a presença de constituintes como a vitamina C e outros compostos bioativos com funções antioxidantes, a laranja pêra é considerada uma das frutas mais consumidas pela população brasileira (ALMEIDA, 2019). Esta fruta é comumente inserida na dieta por meio de suco integral e concentrado, além de ser consumida *in natura* ou incorporada a preparações doces, como balas, bolos e biscoitos.

O consumo da laranja pêra é relevante devido ser fonte de ácido cítrico, que atua como antioxidante, além da presença de carotenoides e compostos fenólicos. O aumento da ingestão de alimentos ricos em compostos antioxidantes pode auxiliar na melhora do estado fisiológico, reduzindo o risco de doenças crônicas e promovendo a proteção contra radicais livres no organismo (PEREIRA, 2019).

Portanto, o uso da laranja pêra na produção de balas comestíveis se revela benéfico devido à facilidade de acesso, o que potencializa a sua versatilidade. Além disso, sua riqueza em compostos fenólicos e capacidade antioxidante confere vantagens para a saúde dos consumidores.

3.3 LIMÃO SICILIANO

Desde antiguidade, as frutas cítricas como os limões eram consumidos como parte da dieta ocidental e para fins medicinais na prevenção e tratamento do escorbuto – enfermidade causada pela deficiência de vitamina C, que era comum entre os marinheiros (VIANA, 2010).

Com a chegada dos colonizadores portugueses nas Américas, o limão foi introduzido na região e, desde então, seu cultivo e produção têm apresentado um crescimento constante. Em 2019, a produção de limão no Brasil foi liderada pelo estado de São Paulo com uma produção de 1.117.348 toneladas, seguido pelo estado do Pará com 104.922 toneladas, e por último, o estado de Minas Gerais com 84.319 toneladas (COSTA e PIO, 2022).

O limão siciliano (*Citrus limon*) é uma fruta que possui alto teor de vitamina C presente em seu suco, sendo caracterizado pelo seu sabor ácido, devido à presença de ácido cítrico. O teor de vitamina C em sucos cítricos pode variar em função do método de processamento e do tipo de matéria-prima empregada. No caso do suco de limão, a concentração de vitamina C é de 46mg/100g⁻¹ (OTLES, 2020). Além disso, essa

variedade de limão, assim como outras do gênero, é rica em minerais como cálcio, ferro, fósforo, potássio e zinco (COUTO, 2010).

A adição do limão siciliano nas formulações das balas comestíveis é justificada pelo seu alto valor nutritivo e seu sabor levemente ácido, tornando-o uma alternativa vantajosa para a elaboração desses produtos, devido à sua ampla disponibilidade e custo acessível.

3.4 ABELHA ITALIANA

Nos anos de 1870 e 1880, foram introduzidas no sul do Brasil subespécies de abelhas italianas, conhecidas como *Apis Mellifera Ligustica*, pertencentes ao gênero *Apis*. Originária da Europa, essa variedade de abelha ganhou considerável popularidade entre os apicultores devido à sua baixa agressividade, alta produtividade e rápida produção de favos de mel. Além dessas qualidades, elas demonstram adaptabilidade aos climas temperados e subtropicais da região sul do Brasil. O corpo dessas abelhas exibe uma tonalidade amarela intensa, conforme a figura 1 (ARAUJO et al., 2021).

Figura 1 – Abelha italiana examinando um alvéolo no favo de mel.



Fonte: ARAUJO et al. 2021.

3.5 MEL

O mel é um alimento altamente nutritivo e saudável, caracterizado por ser um dos alimentos mais puros encontrados na natureza, produzido pelas abelhas a partir do néctar e de outras secreções naturais das plantas. Sua composição é composta majoritariamente de açúcares, representando entre 80% a 83%, com predominância de 31% de glicose, 38% de frutose, 1% de sacarose e 7% de maltose. Esses diferentes tipos

de açúcares podem influenciar nas propriedades físico-químicas do mel, como viscosidade, densidade e cristalização (FELLOWS, 2019).

Ao longo da história, o mel foi utilizado como um produto medicinal pelos homens, sobretudo, no tratamento de feridas e problemas gastrointestinais. Atualmente, a apicultura é uma atividade agrária amplamente especializada, que permite a produção não somente de mel, mas também de subprodutos como o extrato de própolis, geleia real, pólen e a cera de abelhas (SOUZA, 2004).

Em 2021, o Brasil registrou um recorde mundial na produção de mel, alcançando a marca de 55,8 mil toneladas, o que representa um aumento de 6,4% em relação ao ano anterior. O estado do Rio Grande do Sul se destacou como o maior produtor, com uma produção de 9,2 mil toneladas, seguido pelo Paraná e Piauí, com produções de 8,4 mil e 6,9 mil toneladas, respectivamente (IBGE, 2021).

O mel apresenta inúmeras vantagens para a saúde humana, pois é uma fonte natural de açúcares, vitaminas, minerais, proteínas, ácido orgânicos e compostos bioativos (FELLOWS, 2019). Por não conter aditivos químicos, o mel é uma excelente alternativa para substituir açúcares refinados na alimentação (JUST et al., 2010).

Os compostos fenólicos presentes no mel, como o ácido gálico, tânico e o resveratrol, possuem propriedades antioxidantes devido as suas propriedades redutoras e à sua estrutura química, como dupla ligações e grupos hidroxilas em anéis aromáticos, que permite sequestrar radicais livres e quelar metais, atuando no início da etapa de propagação do processo oxidativo. No organismo humano, esses compostos podem atuar como antioxidante, neutralizando os radicais livres que estão associados a várias doenças, por meio da reação de óxido redução (JACOB, 2014; CRUZ, 2018).

A tonalidade do mel é influenciada por vários fatores, incluindo a fonte de néctar, técnicas de processamento e armazenamento, condições climáticas durante o fluxo do néctar e a temperatura. Esses fatores, por sua vez, afetam as características sensoriais do mel, sendo que quanto mais escuro o mel, maior a concentração de minerais e, portanto, mais intenso o seu sabor e aroma em comparação ao mel mais claro, que possui baixa concentração de minerais, mas com um sabor e aroma mais suave, sem comprometer o seu valor nutricional (LIMA, 2020).

A utilização do mel na elaboração de balas de goma é vantajosa tanto para o público adulto quanto para o infantil, uma vez que o mel contém uma quantidade significativa de nutrientes em comparação com o açúcar refinado, que possui um alto índice glicêmico e pode elevar rapidamente os níveis de açúcar no sangue. Assim, a

substituição parcial do açúcar refinado pelo mel de abelha italiana pode trazer benefícios nutricionais para a saúde do consumidor.

3.6 MANDIOCA

A mandioca (*Manihot esculenta*) é uma raiz tuberosa, amplamente difundida no território brasileiro, devido à sua capacidade de adaptação às adversidades climáticas e de solo. De acordo os dados do Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA) divulgado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em dezembro de 2022, a produção brasileira de mandioca foi estimada em 18.503.198 toneladas, com destaque para o Pará como maior produtor, com 4.055.806 toneladas, seguido pelo Paraná, com 3.094.200 toneladas, São Paulo, com 1.380.419 toneladas, Mato Grosso do Sul, com 1.119.998 toneladas, e Bahia, com 938.342 toneladas (IBGE, 2022).

A taxonomia popular se distingue entre dois grupos, conhecidos como mansas e bravas, devido às suas características de toxicidade e palatabilidade. A mandioca mansa tem o gosto levemente doce, com menores conteúdos de ácido cianídrico (HCN), sendo empregada no consumo direto como alimento após o processo de cocção. Já, a mandioca brava, é o inverso da mansa, apresenta o gosto mais amargo, devido as maiores quantidades de ácido cianídrico (HCN), por isso, é bastante utilizada na produção de produtos (RONKO et al., 2020).

A sua produção e comercialização desempenham um papel vital na economia do país, pois contribui para a geração de empregos, aumento da renda e serve como elemento fundamental na dieta de diversas comunidades locais. Assim, devido a esses benefícios, a raiz da mandioca é empregada na indústria alimentícia para elaborar produtos, como a farinha de mesa, polvilho azedo e fécula (BROCHADO et al., 2018).

3.7 AMIDO DE MANDIOCA

A fécula de mandioca, também conhecida como amido, é um polissacarídeo composto por duas macromoléculas constituídas por D-glicose (amilose, amilopectina) com estruturas distintas, nas quais formam uma estrutura semicristalina e insolúvel em água. Esse amido oferece diversas vantagens, incluindo sua translucidez, baixa temperatura de gelatinização (entre 60 e 70°C) e a capacidade de formar géis estáveis (COSTA et al., 2022). Devido a essas propriedades, ele é popularizado na indústria de

alimentos como um agente espessante e gelificante, que os tornam excelentes reguladores e estabilizadores de textura (CASTRO, 2019).

Entretanto, o amido nativo ou amido não modificado tem uso limitado na elaboração de produtos, pois é insolúvel em água fria, os grânulos se hidratam com maior facilidade, incham mais rápido e se rompem e perdem viscosidade, resultando em uma pasta com baixo corpo e alta coesão. Assim, utiliza-se o emprego de amidos modificados que são produzidos através de processos físicos, químicos ou enzimáticos que alteram a estrutura original do amido, introduzindo grupos funcionais, a fim de melhorar as suas propriedades (COSTA et al., 2022).

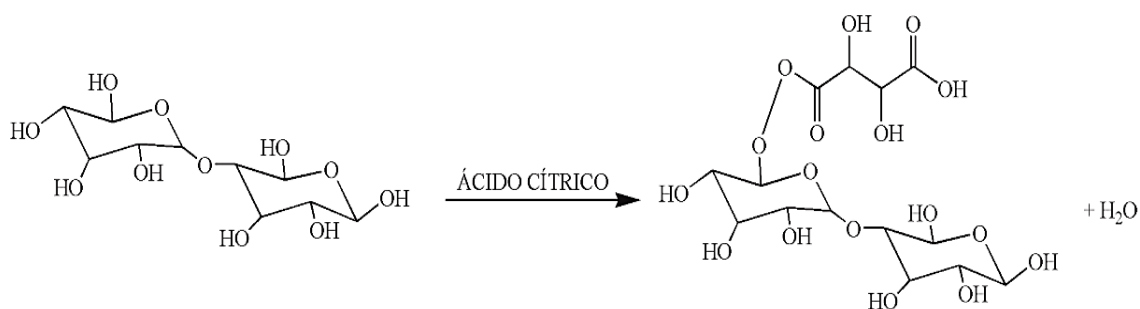
A modificação química do amido pode ser realizada utilizando o ácido cítrico. Nesse processo, o tempo de reação, pH e temperatura são controlados para que ocorra a introdução de grupos carboxil e carbonil na cadeia do polissacarídeo, resultando em mudanças nas propriedades físicas e químicas do amido. A modificação pode melhorar a estabilidade, características reológicas das pastas ou textura de géis, aumentar a transparência e conferir poder emulsificante (SILVA et al., 2020)

Assim, é necessário a aplicação do amido de mandioca modificado na elaboração das balas de goma, pois é um agente espessante que ajuda a conferir maior consistência e textura (firme, elástica) ao produto e, também, atua na estabilização da jujuba, aumentando sua vida útil durante o processo de armazenamento. A sua aplicação confere benefícios pois apresenta fácil obtenção, além de ser atóxico e de baixo custo.

3.8 MODIFICAÇÃO QUÍMICA

A modificação do amido por esterificação é um processo químico empregado para introduzir grupos funcionais específicos em sua estrutura. Nesse procedimento, as hidroxilas (OH) presentes no amido são substituídas por ésteres, conferindo novas características ao polímero. Na reação com ácido cítrico, os grupos carboxílicos deste composto se ligam a locais específicos da estrutura do amido, principalmente nas partes mais externas do grânulo, estabelecendo ligações éster. Essa modificação estrutural resulta em propriedades específicas, tais como melhora de processamento, flexibilidade e redução da cristalinidade (BORBA et al., 2021).

Figura 2 – Ilustração da reação de esterificação do amido com o ácido cítrico.



Fonte: Adaptado por Ojogbo et al. (2020) e Martins (2020) *apud* Borba et al. (2021).

O grau de modificação é influenciado por diversos fatores, incluindo a espécie botânica do amido, a concentração do reagente, o tempo de reação, o pH e a presença de catalisador. Entre os reagentes químicos comumente utilizados na esterificação do amido, destaca-se o ácido cítrico devido à sua fácil disponibilidade e segurança comprovada em aplicações alimentícias (ARITA, 2019). Esse processo de modificação é relevante na elaboração de balas comestíveis, onde as propriedades aprimoradas do amido modificado podem influenciar tanto na textura quanto no sabor desses produtos.

Na esterificação do amido com ácido cítrico, é possível a substituição dos grupos hidroxila do amido por grupos carboxílicos provenientes do ácido. O grupo funcional carboxila, composto por carbonila (C=O) e hidroxila (OH), é introduzido nesse processo (ARITA, 2019). Dessa forma, a carbonila participa na formação de ligações éster, desempenhando um papel significativo na modificação do grânulo do amido. Assim, a quantificação dos grupos carbonila e carboxila é essencial para validar a eficácia do processo de modificação do amido, garantindo a qualidade e a consistência das propriedades finais das balas comestíveis.

Portanto, será desenvolvida uma alternativa mais saudável às balas convencionais, com o objetivo de melhorar a qualidade do produto, reduzindo a quantidade de sacarose, parcialmente substituída por xilitol e mel de abelha italiana, além da inclusão de suco concentrado de frutas, como laranja pêra e limão siciliano. Essas matérias-primas são fontes de vitamina C e compostos fenólicos relacionadas a capacidade antioxidante, importantes para a manutenção da saúde. Além, da adição do amido modificado extraído da mandioca (*Manihot esculenta*) para ajudar na obtenção de uma textura adequada, sem comprometer a qualidade nutricional do produto.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. MATERIAL

Os ingredientes utilizados para a elaboração das balas de goma: frutas (laranja pêra, limão siciliano), açúcar cristal, xilitol, gelatina, sal refinado e óleo vegetal (milho) foram adquiridos em um supermercado local. O mel de abelha italiana foi adquirido em um apiário comercial localizado em Tomé-Açu/PA. E as raízes de mandioca foram obtidas no mercado do Ver-o-Peso em Belém-PA.

Todas essas matérias-primas foram encaminhadas imediatamente para o Laboratório de Alimentos e Laboratório de Química no Centro de Ciências Naturais e Tecnologia (CCNT) da Universidade do Estado do Pará para a realização das análises físico-químicas necessárias.

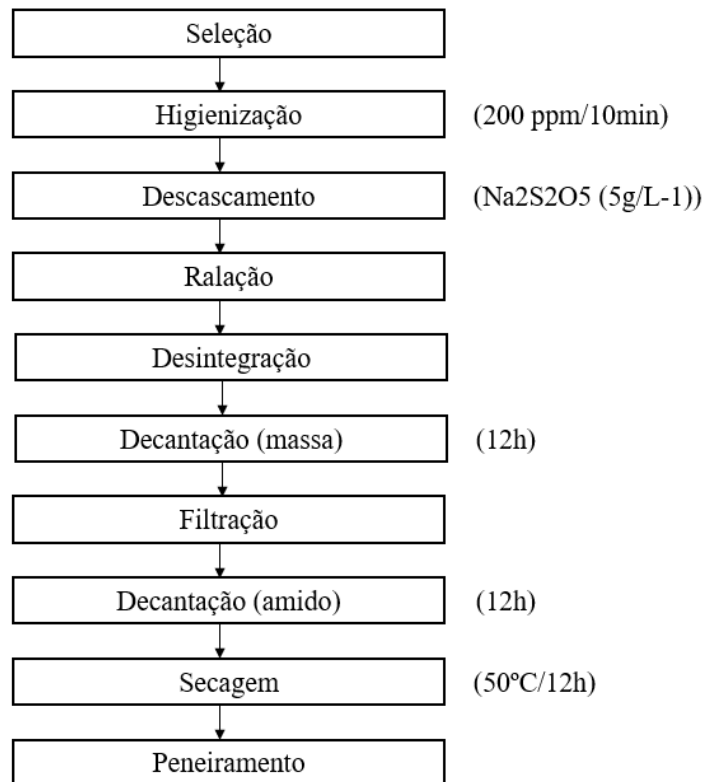
4.2 EXTRAÇÃO DO AMIDO DE MANDIOCA

As raízes da mandioca (*Manihot esculenta*) foram selecionadas e submetidas a um processo de higienização com hipoclorito de sódio (200 ppm/10min) para diminuir a carga microbiana. Após a higienização, as raízes foram descascadas manualmente e imersas em uma solução de metabissulfito de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) a uma concentração de 5 g/L^{-1} para evitar o escurecimento enzimático (PEREIRA, 2011).

Em seguida, as raízes foram raladas em um ralador de quatro faces e desintegradas por um processador industrial. A massa resultante foi homogeneizada com dois litros de água potável e deixada em repouso sob refrigeração por cerca de 12 horas para permitir a separação do amido do bagaço da mandioca. Após essa etapa, a mistura foi filtrada para remover o bagaço e obter o amido puro.

O amido foi, então, deixando em repouso por mais 12 horas para possibilitar a decantação. E assim, o amido foi seco em estufa (50°C) por 12 horas, sendo submetido a peneiração utilizando uma peneira granulométrica de 70 mesh para adquirir partículas uniformes. A extração do amido de mandioca ocorreu conforme a figura 3.

Figura 3 - Fluxograma da extração de amido nativo de mandioca.



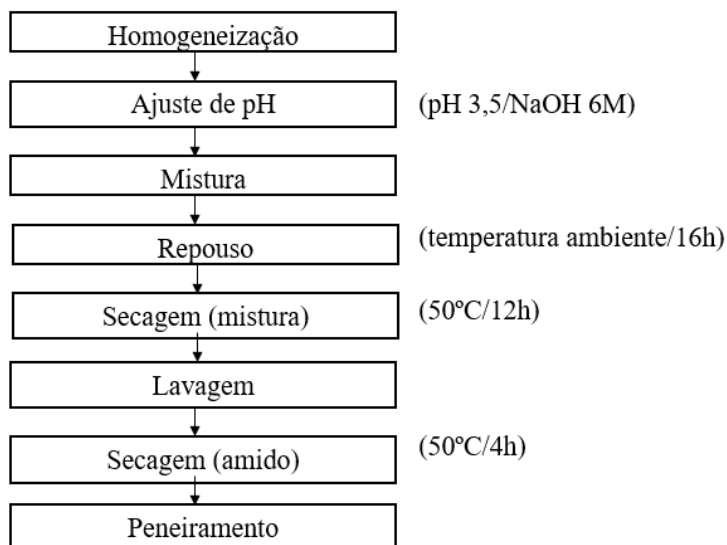
Fonte: Elaborado pelos autores.

4.3 MODIFICAÇÃO DO AMIDO DE MANDIOCA

A modificação de amido nativo com ácido cítrico (figura 4) foi adaptada seguindo a metodologia de Alves et al. (2015). Inicialmente, foi dissolvido 40 g de ácido cítrico em 30 mL de água destilada. Assim, o pH foi ajustado para 3,5 utilizando uma solução de NaOH 6M e o volume foi aferido (100mL).

Esta solução foi misturada com 100g de amido nativo e deixada em repouso em temperatura ambiente por 16 horas. Após esse período, a mistura foi seca em estufa a 50°C por cerca de 12 horas. O amido resultante foi lavado com 1 litro de água destilada para remoção do excesso de ácido, passando por uma nova secagem (50°C/4h). O amido seco foi peneirado com peneira granulométrica (70 mesh).

Figura 4 - Fluxograma da modificação do amido de mandioca com ácido cítrico.



Fonte: Elaborado pelos autores.

4.4 TEOR DE CARBONILA

Seguindo a metodologia de Smith (1997), o gel de amido foi preparado com 3 g de amido e 100 ml de água destilada, aquecido em banho maria por 30 minutos. O pH foi ajustado para 3,2 com HCl 0,1 M. Adicionou-se 15 ml de solução de hidroxilamina (5%) – 10 g de cloridrato de hidroxilamina, 40 ml de solução NaOH 0,5 M e água destilada até 200 ml, mantendo em banho maria a 40° C por 4 horas. O excesso de hidroxilamina foi titulado com HCl 0,1 M para amido modificado com ácido cítrico e 0,01M para amido nativo até alcançar pH 3,2. O resultado foi calculado pela equação 01.

$$\text{Carbonila} \left(\frac{\text{CO}}{100\text{g}} \text{UG} \right) = \frac{0,028 \times (Vb - Vc) \times M}{Ma} \times 100 \quad (1)$$

Onde:

Vb = volume de HCl gasto na titulação do branco (ml)

Vc = volume de HCl gasto na titulação da amostra (ml)

M = Molaridade da solução de HCl

Ma = massa da amostra em base seca (g)

4.5 TEOR DE CARBOXILA

Por meio da metodologia Chattopadhyay, Singhal e Kulkarni (1997), uma mistura com 2 g de amido e 25 ml de HCl 0,1 M foi agitada por 30 minutos. A solução resultante foi filtrada e a fração retida foi lavada com 300 ml de água destilada. O amido obtido foi adicionado a 300 ml de água destilada e submetido em banho maria por 15 minutos para sua completa gelatinização. A suspensão resultante foi titulada com NaOH 0,1 M para amido modificado com ácido cítrico e 0,01 M para amido nativo, ajustando o pH para 8,3. O resultado foi determinado pela equação 02.

$$\text{Carboxila } \left(\frac{\text{COOH}}{100\text{g}} \text{UG} \right) = \frac{0,045 \times (V_s - V_b) \times M}{M_a} \times 100 \quad (2)$$

Onde:

V_s = volume de NaOH gasto na titulação da amostra (ml)

V_b = volume de NaOH gasto na titulação do branco (ml)

M = Molaridade da solução de NaOH

M_a = massa da amostra em base seca (g)

4.6 ESPECTROSCOPIA FTIR

Foi determinada pela metodologia de Dupuy et al. (1997), utilizando o espectrofotômetro Nicolet Avatar 360 com detector DTGS, onde as análises foram realizadas nas frequências de 400 a 4000 cm^{-1} .

4.7 ELABORAÇÃO DA BALA DE GOMA

As frutas foram selecionadas, lavadas e sanitizadas com solução clorada a 200 ppm, a fim de garantir a segurança e qualidade do produto. Em seguida, foram descascadas manualmente e despolpadas, sendo posteriormente filtradas e armazenadas sob refrigeração. Por meio da metodologia de ASSIS et al. (2006) com modificações, foram desenvolvidas três formulações de balas de goma (FA, FB, FC) com variação na concentração de sucos de laranja pêra e limão siciliano, conforme a tabela 1 e figura 5.

Tabela 1 – Formulações das balas de goma.

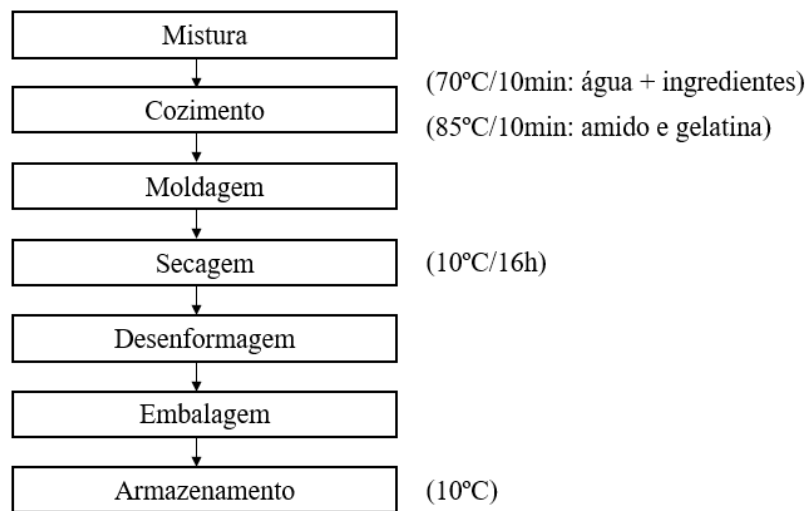
Ingredientes	Balas de goma					
	FA		FB		FC	
	(g)	(%)	(g)	(%)	(g)	(%)
Suco (laranja pêra)	60	27,1	50	22,6	35	15,8
Suco (limão siciliano)	10	4,5	20	9,0	35	15,8
Mel de abelha italiana	30	13,6	30	13,6	30	13,6
Água potável	80	36,2	80	36,2	80	36,2
Sacarose	10	4,5	10	4,5	10	4,5
Xilitol	10	4,5	10	4,5	10	4,5
Gelatina	12	5,4	12	5,4	12	5,4
Amido modificado	6	2,7	6	2,7	6	2,7
Sal refinado	0,5	0,2	0,5	0,2	0,5	0,2
Óleo vegetal (milho)	2,5	1,1	2,5	1,1	2,5	1,1
Total	-	100	-	100	-	100

Fonte: ASSIS et al. 2006 adaptado pelos autores.

Conforme a figura 5, os ingredientes (água, sacarose, xilitol, mel, sal, óleo vegetal) foram misturados a uma temperatura de 70 °C por 10 minutos, com agitação constante para garantir a homogeneização e espessamento da calda. Depois disso, foi acrescentado o amido modificado e a gelatina previamente dissolvida em água quente (50°C). O processo de cozimento prosseguiu até que a temperatura atingisse 85°C, permanecendo nessa condição por 10 minutos, garantido que a calda adquirisse uma consistência firme, adequada para ser moldada.

Na sequência, o processo de moldagem foi realizado à quente, utilizando formas de silicone (18,5x11x1,3cm). Para promover a secagem adequada, as balas moldadas foram armazenadas em ambiente refrigerado a 10°C durante um período de 16 horas. Por fim, as balas de goma foram desenformadas e acondicionadas em sacos Stand Up Pouch Metalizado (6x9cm) e mantidas sob refrigeração a 10°C.

Figura 5 – Fluxograma do processamento das balas de goma.

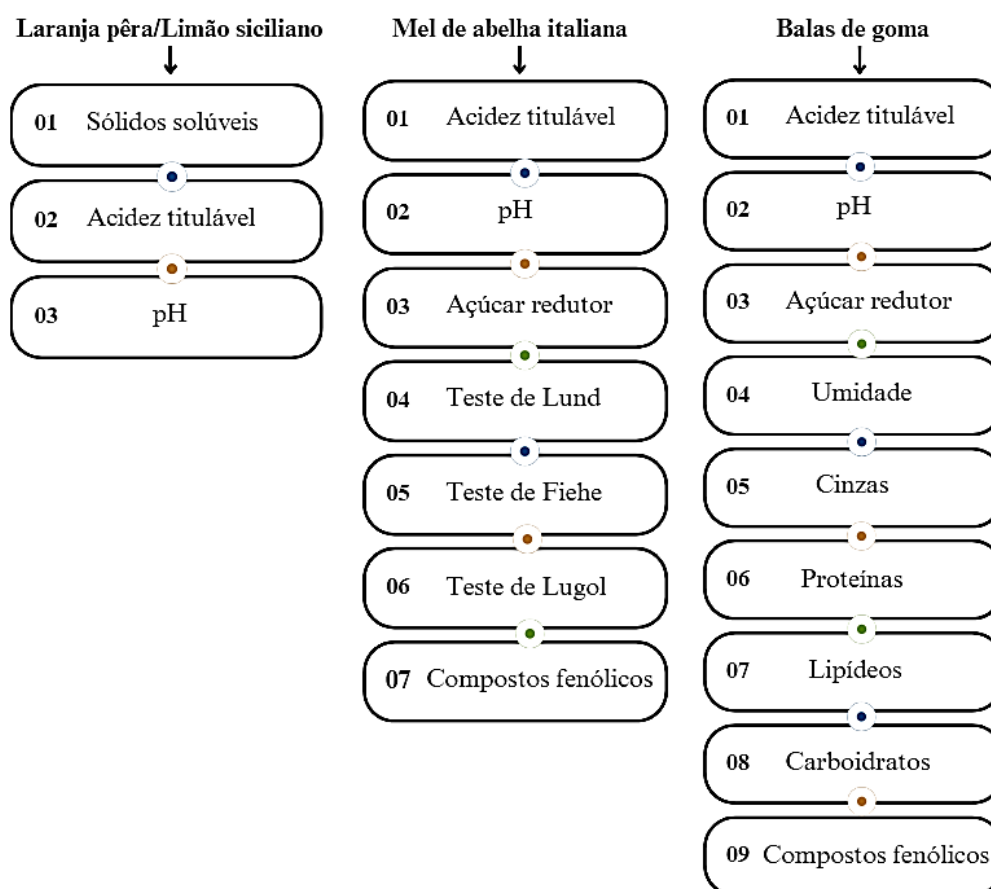


Fonte: ASSIS et al. 2006 adaptado pelos autores.

4.8 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

As análises físico-químicas foram realizadas no laboratório de química no Centro de Ciências Naturais e Tecnologias (CCNT), da Universidade do Estado do Pará (UEPA). As matérias-primas (laranja pêra, limão siciliano, mel de abelha italiana) e as balas de goma foram analisadas em triplicatas seguindo as metodologias propostas pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008), exceto compostos fenólicos. A execução das metodologias seguiu a ordem visualizada na figura 6.

Figura 6 – Sequência das análises físico-químicas realizadas.



Fonte: Elaborado pelos autores.

4.8.1 Determinação de sólidos solúveis por refratometria

A partir de um refratômetro digital (0 a 32% Brix) foi adicionado uma pequena quantidade de amostra ao prisma e realizado a leitura em graus Brix.

4.8.2 Determinação da acidez titulável em ácido orgânico

Uma alíquota foi titulada com hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 ou 0,01 N na presença de indicador fenolftaleína, até atingir coloração rosa permanente por 30 segundos. Para calcular a acidez titulável expressa em ácido orgânico (g/100g) nos sucos e nas balas de goma se utilizou a equação 03. Já para o mel de abelha italiana, aplicou-se a equação 04.

$$\text{Ácido cítrico (\%)} = \frac{V \times Fc \times N \times PE \times 100}{A \times 1000} \quad (3)$$

$$\text{Acidez (mEq/kg)} = \frac{V \times Fc \times N \times 1000}{A} \quad (4)$$

Onde:

V = volume de NaOH 0,1 ou 0,01 N gasto na titulação em ml

Fc = fator de correção da solução de NaOH 0,1 ou 0,01 N

N = concentração de solução de NaOH 0,1 ou 0,01 N

PE = peso equivalente do ácido cítrico (64,06g)

A = ml de amostra

4.8.3 Determinação do potencial hidrogeniônico (pH)

O pH das amostras foi medido por meio de um pHmetro de bancada (Ionlab – Psh3e).

4.8.4 Determinação de açúcar redutor

Para determinar o teor de açúcar redutor em cada formulação das balas comestíveis foram preparados extratos com água destilada (1:1). Em relação ao mel, uma solução contendo 0,5 g de mel foi dissolvida em 100 ml de água destilada. Essas soluções foram submetidas a uma titulação por gotejamento a quente, na qual foram adicionados 5 ml de solução de Fehling A (sulfato de cobre pentahidratado), 5 ml de solução de Fehling B (tartarato duplo de sódio e potássio + NaOH), 20 ml de água destilada e indicador azul de metileno 1%. A titulação prosseguiu até a descoloração do indicador e a formação de um precipitado de cor vermelho-tijolo. A quantificação de açúcar redutor foi realizada seguindo a equação 05:

$$\% \text{ glicídios redutores} = \frac{100 \times 100 \times T}{V \times P} \quad (5)$$

Onde:

T = título da solução de Fehling

V = nº de ml da solução gasto na titulação

P = peso da amostra em gramas na solução

4.8.5 Teste de Lund

Foram diluídos 2 g de mel em 20 ml de água destilada e transferidos para uma proveta de 50 ml, a qual foi adicionado 5 ml de solução de ácido tânico 0,5% e o restante do volume foi completado com água destilada. A solução foi agitada e deixada em repouso por 24 horas para verificar a presença de precipitado no fundo da proveta dentro do intervalo de 0,6 a 3,0 ml se o mel for puro. Em caso de presença de mel adulterado, não haverá a formação de precipitado ou o volume do precipitado excederá o intervalo máximo citado.

4.8.6 Teste de Fiehe

Foram adicionados 5 g de mel e 5 ml de éter etílico em uma proveta de 50 ml e agitados. Em seguida, 2 ml da camada etérea resultante foram transferidos para um tubo de ensaio e adicionado 2 gotas de solução clorídrica de resorcina (1%). A mistura foi deixada em repouso por 10 minutos para detecção de possíveis adulterações pela adição de glicose comercial ou pelo uso de mel superaquecido, identificadas pela formação de uma coloração vermelha-cereja.

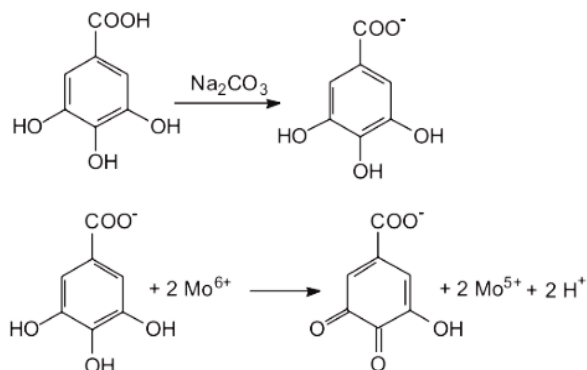
4.8.7 Teste de Lugol

Nesse procedimento, foram utilizados 10 g de mel, os quais foram diluídos com 10 ml de água destilada, seguido da adição de 1 ml da solução de lugol (1g iodo, 3g iodeto de potássio, 50 ml água). Assim, foi observado a mudança de coloração para vermelho ou violeta, pois poderia indicar a presença de glicose comercial, sugerindo a adulteração do mel.

4.8.8 Determinação dos compostos fenólicos pelo método colorimétrico de Folin-Ciocalteu

A quantificação dos compostos fenólicos totais foi realizada segundo a metodologia descrita por Singleton et al. (1999), com o uso do reagente Folin-Ciocalteu, que se baseia na capacidade dos compostos fenólicos em reduzir o reagente, que contém íons de molibdênio e tungstênio em estado oxidado entre +5 e +6, formando um complexo fenolato de cor azul intensa, que pode ser medido em um espectrofotômetro a uma absorvância de 765 nm (figura 7).

Figura 7 – Atuação do ácido gálico como agente redutor, promovendo a redução do molibdênio VI para molibdênio V.



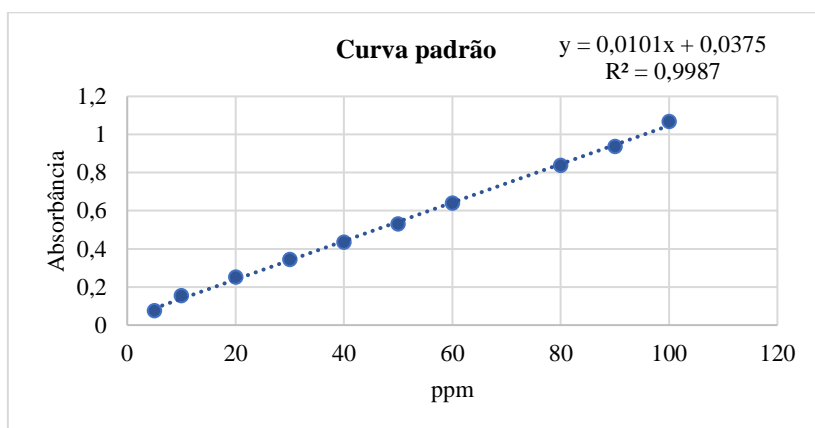
Fonte: OLIVEIRA et al. (2009).

Foram elaborados extratos 50% utilizando 10 g de amostra a qual foi adicionado 25 ml de álcool metílico 50% sendo submetido à agitação por 30 minutos. Em seguida, para otimizar a extração dos compostos desejados, adicionarem-se mais 25 ml de acetona 70% ao precipitado e aguardou-se mais 30 minutos. Os extratos resultantes foram completados com acetona 70%.

Adicionou-se 0,5 ml do extrato da amostra em um tubo de ensaio com 2,5 ml de solução Folin-Ciocalteu (10 %) e 2,0 ml da solução de carbonato de sódio (7,5 %). A mistura foi aquecida em banho-maria por 15 minutos a 50 °C e, em seguida, resfriada em banho de gelo antes da leitura da absorbância em um espectrofotômetro a 760 nm.

A quantificação de compostos fenólicos foi determinada através da curva padrão utilizando o ácido gálico como padrão de referência (figura 8). O resultado foi expresso em mg de equivalente ácido gálico por grama de amostra (mg EAG g^{-1}).

Figura 8 – Curva padrão em ácido gálico em mg/L.



Fonte: Elaborado pelos autores.

4.8.9 Determinação de umidade

Para determinação de umidade foi empregado o método de secagem direta em estufa a 105 °C até que o peso da amostra permanecesse constante. O conteúdo de umidade foi quantificado com base na equação 06:

$$\% \text{ umidade} = \frac{100 \times P}{P_1} \quad (6)$$

Onde:

P = perda de peso em gramas

P₁ = peso da amostra em gramas

4.8.10 Determinação de cinzas

As cinzas (resíduo mineral fixo) foram obtidas carbonizando as amostras a 200 °C, seguida por incineração a 550 °C em forno mufla até atingirem coloração branca ou acinzentada. O teor de cinzas foi obtido de acordo com a equação 07:

$$\% \text{ cinzas} = \frac{100 \times P}{P_1} \quad (7)$$

Onde:

P = perda de peso em gramas

P₁ = peso da amostra em gramas

4.8.11 Determinação de proteínas

Empregou-se o método Micro-Kjeldahl para quantificar o teor de nitrogênio nas amostras. Inicialmente, realizou-se a digestão de 250 mg de amostra com 1 g de mistura catalítica e 5 ml de ácido sulfúrico concentrado, mantendo a temperatura a 400 °C até que a solução ficasse clara. Em seguida, ocorreu a fase de destilação, na qual adicionou-se NaOH 50% com o intuito de liberar a amônia (NH₃). A NH₃ destilada foi coletada em uma solução de ácido bórico 2% com indicador misto. E, por último, a titulação foi realizada com a solução ácido clorídrico 0,01M. O teor de nitrogênio foi determinado pela equação 08:

$$\% \text{ nitrogênio} = \frac{(VA - VB) \times N \times Fc \times 14 \times 100}{A \times 1000} \quad (8)$$

Onde:

VA = volume de HCl 0,01M gasto na amostra

VB = volume de HCl 0,01M gasto no branco

N = concentração de solução de HCl

Fc = fator de correção do HCl

A = peso da amostra em gramas

Para determinar a quantidade de proteína presente nas amostras, foi necessário converter a quantidade de nitrogênio em proteína multiplicando por um fator de conversão de 6,25.

$$\% \text{ Proteína} = \text{Nitrogênio (\%)} \times 6,25 \quad (9)$$

4.8.12 Determinação de lipídios

Para extrair os lipídios, utilizou-se o método intermitente Soxhlet. As amostras passaram por um processo de extração com éter de petróleo durante um período de 6 horas e foram posteriormente submetidas à secagem em estufa a 105° C até que atingisse peso constante. A gordura extraída foi determinada a partir da equação 10:

$$\% \text{ Lipídios} = \frac{100 \times N}{P} \quad (10)$$

Onde:

N = n° de gramas de lipídios

P = n° de gramas da amostra

4.8.13 Determinação de carboidratos

O teor de carboidrato foi calculado pela diferença entre o total da amostra (100%) e os teores de proteína, gordura, umidade e cinza obtidos conforme a equação 11:

$$\% \text{ CHO totais} = 100 - (\% \text{ umidade} + \% \text{ cinzas} + \% \text{ proteínas} + \% \text{ gordura}) \quad (11)$$

4.8.14 Análise estatística

A comparação das médias foi conduzida por meio do teste de Tukey a um nível de significância de 5%, utilizando o software BioEstat 5.3.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 2 – Parâmetros físico-químicos de polpas de laranja pêra e limão siciliano utilizadas nas formulações das balas comestíveis.

Amostra	pH	SS (° Brix)	ATT (g ácido cítrico /100g)	SS/AT
Laranja pêra	3,90 ± 0,00 ^a	8,0 ± 0,00 ^a	0,94± 0,01 ^a	8,49± 0,05 ^a
Limão siciliano	2,23 ± 0,00 ^b	7,0 ± 0,00 ^b	6,03 ± 0,01 ^b	1,16 ± 0,00 ^b

Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey (P<0,05).

ATT: Acidez Total Titulável.

SS/AT: relação ° Brix e acidez total.

Fonte: Autores (2023).

Os parâmetros físico-químicos da laranja pêra e do limão siciliano podem ser observados na Tabela 2. O pH da laranja pêra apresentou 3,90 e esse valor médio encontra-se dentro da faixa de 3,40 a 4,00, considerada característica de frutas cítricas (DUARTE et al., 2018). Esses resultados são congruentes com Ávila et al. (2021) que encontraram valor médio de pH de 3,97 e Chagas et al. (2018), cuja avaliação da laranja pêra indicou um pH de 3,8.

Em relação ao teor de sólidos solúveis da laranja pêra neste estudo, que foi de 8,0 °Brix, observa-se uma semelhança ao encontrado por Chagas et al. (2018), que foi 8,4 °Brix, e também se aproxima do resultado obtido por Santos (2017), com um valor de 7,9 °Brix. De acordo com o Volpe et al. (2002), teores de sólidos solúveis acima de 8,0 °Brix indicam que a laranja está apta para consumo *in natura*. A concentração de sólidos solúveis e a doçura do suco estão diretamente ligadas à quantidade de açúcar presente na fruta, exercendo importante papel no sabor. O local de cultivo, as condições climáticas e as características do solo podem influenciar a maturação e a qualidade do fruto.

O resultado da acidez titulável na laranja pêra, resultou no valor de 0,94 g de ácido cítrico/100g, aproximando-se dos valores obtidos por Krolow et al. (2020) de 0,92 g de ácido cítrico/100g e por Santos et al. (2016) que encontraram 0,88 g de ácido cítrico/100g na laranja pêra. Conforme Santos et al. (2016), a acidez é um fator importante de qualidade percebida pelos consumidores e se torna adequada para o consumo quando a acidez está abaixo de 1,0% e acima de 0,6%. Chitarra et al. (2005) destacam que o valor do pH é inversamente proporcional ao valor da acidez titulável, uma relação confirmada neste estudo.

A relação entre sólidos solúveis e acidez, conhecida como ratio, é um indicador do índice de maturação da fruta. Em laranjas maduras, esse índice atinge valores acima de 7,0, tornando-as comestíveis e agradáveis ao paladar do consumidor (SANTOS, 2020). O valor médio do ratio na laranja pêra foi 8,49 comparável aos resultados de Lemos et al. (2012) de 8,69 e Zuliani (2014) de aproximadamente 9,31. Portanto, o suco de laranja pêra utilizado neste estudo está dentro do parâmetro satisfatório para consumo, garantindo uma doçura adequada no sabor da bala comestível.

O pH do limão siciliano analisado obteve o valor de 2,23, alinhando-se com os resultados aproximados de 2,17 e 2,37 obtidos por Faria et al. (2020) e por Almeida (2014), respectivamente. O pH deve estar abaixo de 4,0, e o valor encontrado neste estudo está em conformidade com a literatura (SANTOS, 2022).

O teor de sólidos solúveis do limão siciliano foi 7,0 °Brix sendo semelhante aos valores obtidos por Faria et al. (2020) e Almeida (2014) de 7,10 °Brix e 7,56 °Brix, respectivamente. Já, Lorente et al. (2014), em sua análise de sucos de limões, encontrou valores médios variando entre 5,0 e 10,5 °Brix. Brady (1987), afirma que a pouca variação desta fruta cítrica é devido à sua natureza não climatérica, justificando assim o resultado obtido.

A acidez expressa em ácido cítrico, apresentou valor de 6,03 g de ácido cítrico/100g, conforme descrito na tabela 2. Esse valor é próximo ao registrado por Silva et al. (2018), que foi de 6,02 g de ácido cítrico/100g, mas superior ao encontrado por Jesus et al. (2017), que foi de 5,76g g de ácido cítrico/100g. Em relação ao ratio, no limão siciliano foi encontrado o valor de 1,16, assemelhando-se ao resultado de Almeida (2014) de 1,27 e inferior ao valor encontrado por Silva et al. (2018), que foi de 1,89. De acordo com Marmitt et al. (2016), o limão siciliano possui um menor teor de ácido cítrico em comparação com outros tipos de limões, tornando-o amplamente utilizado na culinária devido à sua acidez agradável ao paladar.

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) estabelece, por meio da Instrução Normativa nº 11, de 20 de outubro de 2000, o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Mel (RTIQM). Neste é definido os requisitos mínimos para assegurar a qualidade do mel destinado ao consumo humano, visto que, o mel é susceptível a adulterações devido ao seu valor significativo no mercado, da facilidade de adição de substâncias adulterantes, da dificuldade de identificar tais adulterações no produto e a limitada fiscalização (BRASIL, 2000; VARGAS, 2006).

Nesse sentido, a tabela 3 apresenta alguns parâmetros físico-químicos exigidos pela legislação brasileira, como pH, acidez e os açúcares redutores no mel floral. Além de análises qualitativas para confirmar sua qualidade e autenticidade e a avaliação da presença de compostos fenólicos, os quais podem indicar o seu potencial antioxidante.

Tabela 3 – Características físico-químicas do mel italiana.

Parâmetros	Média¹
Acidez (mEq/Kg)	29,54 ± 0,21
pH	3,93 ± 0,05
Açúcares redutores (g/100g)	75,19 ± 0,57
Reação de Lund (ml)	0,85 ± 0,05
Reação de Fiehe (negativa)	-
Reação de Lugol (negativa)	-
Compostos fenólicos (mg EAG/100g)	120,2 ± 0,00

¹Resultados expressam a média ± desvio padrão.

EAG: Equivalência de ácido gálico

Fonte: Autores (2023).

A acidez do mel analisado exibiu 29,54 mEq/kg estando dentro dos limites preconizados pela legislação vigente que permite no máximo 50 mEq/kg (BRASIL, 2000). No estudo conduzido por Júnior et al. (2020) em amostras de méis de abelha (*Apis mellifera*) comercializados em Itaituba - PA, foram encontrados valores semelhantes aos do presente estudo, com uma faixa de acidez livre variando entre 25,01 a 38,17 mEq/kg. No entanto, Freitas et al. (2022), encontraram resultados superiores de acidez, variando de 43,06 a 111,64 mEq/kg, em amostras de méis de abelhas do gênero *Apis* sp. comercializados em Cachoeira do Arari - PA.

A análise da acidez do mel é um parâmetro fundamental para avaliar seu estado de conservação. Quando o mel apresenta acidez elevada, isso pode ser atribuído à presença de ácidos orgânicos de diferentes fontes de néctar, principalmente de ácido glucônico que se forma pela ação da enzima glicose-oxidase, podendo permanecer ativa no mel armazenado. Além disso, a ação de microrganismos, incluindo leveduras xerotolerantes podem causar processos indesejados de fermentação (GONÇALVES, 2018; ROLIM et al., 2018). Portanto, manter a acidez do mel abaixo de 50 mEq/kg é fundamental para prevenir a deterioração do mel e assegurar a sua qualidade ao longo do tempo.

O potencial hidrogeniônico (pH) não possui limites estabelecidos pela legislação vigente (BRASIL, 2000). No entanto, méis de origem floral geralmente tem pH abaixo

de 4,00, sendo um indicador crucial no controle de qualidade do mel, pois a maioria dos microrganismos tende a crescer em pH ótimos (7,2 – 7,4) (GOMES et al., 2017; SANTOS et al., 2021). As amostras de méis analisadas neste estudo apresentaram valores de pH de 3,93. Resultados semelhantes foram observados por Freitas et al. (2022) com o pH variando entre 3,06 e 3,99, e por Santos et al. (2021), com pH na faixa de 3,05 a 3,91. O mel analisado demonstra estabilidade em relação ao crescimento de microrganismos mesófilos, mas não evita o desenvolvimento de bolores e leveduras, o que pode reduzir sua vida útil em condições inadequadas de temperatura e armazenamento.

Os teores de açúcares redutores encontrados atingiram 75,19 g/100g, superando o limite mínimo de 65 g/100g preconizado pela legislação nacional para o mel floral (BRASIL, 2000). Freitas et al. (2022) obtiveram uma média 71,18 % para os méis de *Apis* sp. analisados, enquanto Júnior et al. (2020) relataram valores variando entre 59,04 e 68,59 % para méis de *Apis mellifera*. O mel analisado no presente estudo apresenta uma concentração significativa de açúcares redutores em comparação com os méis dos estudos mencionados. Essa diferença pode ser atribuída a diversos fatores, incluindo variações na origem floral. É importante destacar que valores abaixo de 65% indicam que o mel não atingiu o grau de maturação adequado e possui um teor elevado de sacarose (WALTRICH 2020; CARVALHO, 2020).

As reações qualitativas – Lund, Fiehe e Lugol são utilizadas em caráter complementar para garantir a qualidade do controle do mel. Embora esses parâmetros não estejam previstos no RTIQM, o Instituto Adolf Lutz (IAL, 2008) estabelece os critérios necessários para confirmar a sua autenticidade e descartar adulterações. A tabela 4 apresenta esses padrões de referência.

Tabela 4 – Critérios de referência para as provas qualitativas pelo Instituto Adolf Lutz.

Parâmetros	Limites estabelecidos
Reação de Lund	0,6 a 3,0 ml
Reação de Fiehe	Negativo
Reação de Lugol	Negativo

Fonte: IAL (2008)

Os resultados da reação de Lund indicaram um volume de 0,85 ml. Esse valor representa a quantidade de albuminoides – proteínas naturalmente presentes na

composição do mel que precipitam em meio ácido. Conforme descrito na tabela 4, os limites mínimos e máximos são 0,6 ml e 3,0 ml. Valores abaixo de 0,6 ml indicam a possível adição de substâncias artificiais, enquanto valores superiores a 3,0 ml sugere a presença de substâncias proteicas adicionais (FARIAS et al., 2020).

O resultado obtido está dentro dos padrões estabelecidos pelo IAL (2008) e está em consonância com os achados de Farias et al. (2020) que analisaram 13 amostras de méis de *Apis mellifera*, constatando que 76,92% delas apresentaram uma concentração média de 1,01 ml no teste de Lund. Esse resultado também se assemelha às descobertas de Mendonça e Liberato (2021) em amostras de méis de diferentes floradas, com uma média de 1,02 ml.

A análise de Fiehe detecta níveis baixos de Hidroximetilfurfural (HMF) em méis recentemente coletados, sinalizando o seu frescor. Em amostras de méis com coloração vermelho vinho indicam um teor mais elevado de HMF, geralmente em torno de 200 mg/kg, enquanto aquelas de tonalidade rósea ou vermelho cereja apresentam um conteúdo de HMF abaixo do limite máximo permitido pela legislação, que é de 60 mg/kg (FARIAS et al., 2020).

O estudo revelou um resultado negativo no teste de Fiehe, mostrando uma coloração rósea, o que descartar a possibilidade de fraude ou superaquecimento do mel, conforme IAL (2008). Esses mesmos resultados foram observados por Buligon e colaboradores (2015) em cinco amostras de méis coletados em diferentes localidades, onde 80% apresentaram resultado negativo no teste de Fiehe. Alves et al. (2015) também encontraram resultados negativos em cinco amostras de méis de produtores de abelhas *Apis mellifera*. Assim, com base no resultado obtido, é possível afirmar que o mel analisado não apresenta indícios de adição de xarope comercial ou de ter sido submetido a armazenamento em temperaturas inadequadas, demonstrando uma boa qualidade.

A adulteração do mel com amido ou dextrinas é realizada com objetivo de aumentar a viscosidade e densidade do produto. Essa forma de fraude pode ser identificada pelo teste de Lund, o qual revela um resultado positivo quando há uma mudança de coloração do mel, que pode variar para tons marrom-avermelhado ou azul (FARIAS et al., 2020). Na leitura do teste de Lugol, foi observado que as amostras mantiveram sua coloração original, indicando resultado negativo para fins fraudulentos, segundo o IAL, 2008. Resultados similares foram encontrados em outros estudos, como o de Farias et al. (2020), que relatou 92,31% das amostras com resultados negativos

para Lugol. Além disso, Mendonça e Liberato (2021) também obtiveram resultados negativos em sua pesquisa.

Conforme demonstrado na tabela 4, o mel analisado exibiu um teor de compostos fenólicos de 120,2 mg EAG/100g, o que está em concordância com os resultados encontrados na pesquisa de Franz et al. (2018), que relatou um valor máximo 122,5 mg EAG/100g para compostos fenólicos totais. Neto e Liberato (2021) observaram um teor de fenóis totais de 98,08 mg de EAG/100g em méis de *Apis mellífera L.* produzidos em Dom Joaquim - MG. Por outro lado, Júnior et al. (2020) encontraram um teor máximo de apenas 56,05 mg EAG/100g.

Essa variação nos resultados pode ser explicada pela diversidade de fatores, como a florada, área geográfica e a espécie de abelha envolvida (SHAMSUDIN et al., 2019). O conteúdo fenólico no mel analisado notavelmente superior quando comparado com os estudos de Júnior e colaboradores (2020), ressaltando seu potencial antioxidante. Os compostos fenólicos desempenham um papel importante na neutralização dos radicais livres, que contribui para a redução do risco de doenças crônicas.

Na tabela 5, consta os resultados das análises físico-químicas realizadas nas três formulações das balas de goma, destacando diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) nos parâmetros de umidade, carboidratos e valor energético total, permanecendo os demais parâmetros com variações insignificantes entre as formulações.

Tabela 5 – Composição centesimal das balas comestíveis.

Parâmetros	FA	FB	FC
Umidade*	37,93 ± 0,14 ^a	35,18 ± 0,08 ^b	33,02 ± 0,05 ^c
Cinzas*	0,99 ± 0,03 ^a	0,98 ± 0,19 ^a	0,99 ± 0,08 ^a
Proteínas*	1,09 ± 0,03 ^a	1,10 ± 0,06 ^a	1,09 ± 0,03 ^a
Lipídios*	1,07 ± 0,02 ^a	1,09 ± 0,02 ^a	1,09 ± 0,02 ^a
Carboidratos*	65,22 ± 0,11 ^a	67,84 ± 0,14 ^b	70,14 ± 0,01 ^c
VET (kcal/100g)	275,01 ± 0,32 ^a	285,37 ± 0,42 ^b	294,75 ± 0,36 ^c

Médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

*Valores expressos em g/100g.

VET: Valor Energético Total

Fonte: Autores (2023).

A RDC nº 265/2005 (BRASIL, 2005), que aborda o regulamento técnico para balas, bombons e gomas de mascar não especifica os valores de referência para parâmetros físico-químicos desses produtos. Entretanto, segundo Garcia e Pentead

(2005), as balas de gomas geralmente apresentam um alto teor de umidade de 20% ou mais. A quantidade de umidade encontrada nas três formulações (FA, FB, FC) estão de acordo com a literatura. Isso se alinha com resultados de estudos anteriores, como de Melo et al. (2020), que em suas balas de gelatina sabor morango, observaram uma umidade de 54,20 g/100g e o de Lins (2022), que em balas mastigáveis de diferentes variedades de manga identificou uma média de umidade de 41,94 g/100g.

Como observado na tabela anterior, a variação no teor de umidade entre as formulações desenvolvidas é estatisticamente significativa ($p < 0,05$). A formulação FA se destacou com uma porcentagem de umidade mais elevada, atingindo 37,93 g/100g, em contraste com a formulação FB (35,18g/100g) e a FC (33,02g/100g).

Essa discrepância nos valores pode ser atribuída às variações nas proporções de suco de laranja e limão usadas em cada formulação. De acordo com a Tabela de Composição de Alimentos (TACO, 2011), o suco de laranja pêra possui um teor de umidade de 91,23%, enquanto o suco de limão detém 87,4% de umidade. A quantidade intrínseca de umidade no suco de laranja pode ter contribuído diretamente para a maior quantidade de umidade na formulação FA, uma vez que está contém uma proporção mais substancial de suco de laranja (27,1%) em relação ao suco de limão (4,5%) (tabela 1).

Essa mesma tendência é observada nas formulações FB e FC, onde as versões com maior quantidade de suco de laranja exibem maiores níveis de umidade. A FB, por exemplo, contém 22,6% de suco de laranja e 9,0% de suco de limão, enquanto na FC a composição é de 15,8% de suco de laranja e 15,8% de suco de limão (tabela 1).

Dessa forma, a composição dos sucos de frutas pode influenciar na umidade das balas comestíveis, como foi observado por Matos et al. (2020). Em suas formulações de balas de gelatina saborizadas com aditivos em pó, a faixa de umidade variou de 10,37 g/100g e 10,52 g/100g. Já nas formulações que incorporaram polpas de maracujá como saborizantes, a umidade foi notavelmente mais elevada, oscilando entre 46,67 g/100g e 59,23 g/100g.

A umidade desempenha um papel crucial na determinação da textura final das balas. Nas etapas de moldagem e secagem (50 a 60°C), a presença do amido contribui para a formação de cavidades com desenhos mais definidos e absorve a umidade residual das balas, prevenindo a pegajosidade (JACQUES e CHIM, 2021). As balas deste estudo, quando mantidas fora do ambiente refrigerado por 30 minutos, mostraram

uma consistência mais amolecida. Tal fato pode ser atribuído à ausência dessas etapas de processamento, levando à ocorrência de sinérese, que é a perda de água nas mesmas.

Não se evidenciou diferença significativa ($p < 0,05$) no conteúdo de cinzas entre as três formulações de balas comestíveis, com FA apresentando 0,99 g/100g, FB 0,98 g/100g e FC 0,99 g/100g. No entanto, esses valores assemelham-se a resultados de outras pesquisas, como a de Machado (2020), que obteve 1,29 g/100g de cinzas em microcápsulas de maracujá. Da mesma forma, Matos et al. (2020) encontrou 0,82 g/100g de cinzas em balas de gelatina com mandacaru e umbu.

A uniformidade nos resultados pode ser atribuída à semelhança nos sólidos solúveis da laranja e do limão, registrando valores de 8,0 °Brix e 7,0 °Brix, respectivamente (tabela 2). Além disso, o conteúdo de cinzas é próximo, sendo 0,3 g para a laranja e 0,4 g para o limão (TACO, 2011). Assim, a composição de sólidos e minerais dessas frutas cítricas não causaram um impacto significativo no teor de cinzas nas formulações, visto que, todas possuem a mesma quantidade de ingredientes. A única distinção entre elas reside na quantidade de suco utilizada, mas essa variação não resultou em diferenças notáveis nos níveis de cinzas.

As formulações das balas não tiveram diferença significativa ($p < 0,05$) nas análises de proteínas. A formulação FA e FC apresentaram 1,09 g/100g e a FB 1,10 g/100g. A maior parte desse conteúdo provém da gelatina, cuja quantidade permaneceu constante em todas as formulações (5,4%) (tabela 1). A presença de gelatina contribui para a estrutura, rigidez e/ou maciez das balas (FORTURA et al., 2013).

As presentes formulações (FA, FB, FC) exibiram um teor de proteínas superior ao relatado por Batista et al. (2017) em balas com polpa de maracujá, que continham apenas 0,26 g/100g de proteína e por Souza et al. (2016) em balas de açaí adicionada de cafeína, com 0,59 g/100g de proteína. Nesses estudos, os autores não utilizaram a gelatina nas suas formulações, o que pode ter contribuído para a menor quantidade de proteína encontrada.

Além disso, não foram identificadas diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) no conteúdo de lipídeos entre as formulações, apresentando 1,07 g/100g em FA e 1,09 g/100g em FB e FC. Esses resultados estão dentro dos valores reportados na literatura para teor de lipídeos em balas de goma. Conforme Fontoura et al. (2013), balas de goma enriquecidas com ferro e cálcio exibiram teores de 0,84 g/100g e 0,83 g/100g, respectivamente. Por outro lado, balas de gelatina com mandacaru saborizada com umbu, o conteúdo de lipídeos atingiu 1,96 g/100g (MATOS et al., 2020).

A variação no conteúdo de gordura poder estar intrinsicamente relacionada à presença de matérias-primas de maior densidade energética nas formulações. No presente trabalho, a principal fonte de gordura empregada – o óleo vegetal de milho, permaneceu uniforme em todas as amostras, com 1,1% em cada uma delas (tabela 1). A adição de óleo vegetal na composição das balas foi utilizada visando aprimorar a consistência e a aparência do produto (figura 9). Este componente traz benefícios a indústria de doces e confeitos promovendo maciez e conferindo um brilho atrativo devido a cristalização da gordura (SANT'ANA et al., 2021).

Figura 9 – Balas comestíveis de frutas cítricas com amido modificado de mandioca.



Fonte: Autores (2023).

Nas análises de carboidratos e valor energético, foi observada uma diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre as formulações. A FA constou 65,22 g/100g de carboidratos e 275,01 kcal/100g, a FB 67,84 g/100g de carboidratos e 285,37 kcal/100g e a FC 70,14 g/100g de carboidratos e 294,75 kcal/100g. Estes valores foram inferiores aos encontrados por Dalmagro (2014) em balas de gelatina com fibras, os quais apresentaram teores de 74,50 g/100g e 301,52 kcal/100g. Na pesquisa de Fontoura et al. (2013), em formulações de balas enriquecidas com ferro e cálcio a quantidade de carboidrato variou entre 80,75 g/100g e 81,13 g/100g com valor energético de 359,12 kcal/100g e 359,55 kcal/100g.

Apesar de as balas de goma apresentarem uma proporção considerável de açúcares provenientes de ingredientes como o mel italiana (13,6%), sacarose (4,5%) e xilitol (4,5%), essas quantidades não variaram entre as formulações (tabela 1). A diferença nesses resultados pode ser atribuída ao volume de suco utilizado em cada

uma, pois o suco de laranja pêra contém 7,6 g de carboidratos, enquanto o limão possui 11,1 g (TACO, 2011). Dessa forma, a formulação FC, por ter uma maior quantidade de suco de limão em comparação com FA e FB, exibe um teor superior de carboidratos.

Essa variação na quantidade de carboidratos pode ter impactado nos valores calóricos entre as formulações, considerando que o teor de proteínas e lipídeos permaneceu constante. Os carboidratos desempenham um papel direto no valor calórico total do alimento, sendo uma das principais fontes energéticas em uma dieta (SILVA, 2018). As balas de goma desenvolvidas expressam uma densidade energética relativamente menor em 100 g de produto, provavelmente em decorrência da redução da sacarose, parcialmente substituída por um edulcorante natural, o xilitol, que é 40% menos calórico (DALMAGRO, 2014), e complementada pela presença do mel italiana.

De acordo com a RDC nº 359/2003 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), que estabelece o regulamento técnico de porções de alimentos embalados para fins de rotulagem nutricional, a porção (g) padrão para balas é de 20 gramas (BRASIL, 2003). Essa quantidade de produto é indicada com base em uma ingestão diária de 2.000 kcal. Portanto, 10 unidades de balas de goma correspondem a 20 g do produto (figura 10), onde a formulação FA contém 55 kcal, a FB 57,07 kcal e a FC 58,95 kcal.

Figura 10 - Balas de goma – Citrus em embalagem de 20g.



Fonte: Autores (2023)

Tabela 6 – Análises físico-químicas das balas comestíveis.

Parâmetros	FA	FB	FC
pH	4,00 ± 0,00 ^a	3,71 ± 0,01 ^b	3,41 ± 0,03 ^c
ATT (g ácido cítrico/100g)	1,29 ± 0,00 ^a	1,54 ± 0,03 ^b	2,63 ± 0,04 ^c
Açúcares redutores (%)	24,40 ± 0,12 ^a	24,39 ± 0,12 ^a	24,36 ± 0,12 ^a
Compostos fenólicos (mg GAE/100g)	78,14 ± 0,00 ^a	77,80 ± 0,00 ^a	77,72 ± 0,00 ^a

Médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem pelo teste de Tukey (P<0,05).

ATT: Acidez Total Titulável.

Fonte: Autores (2023).

Conforme a tabela 6, o pH das três formulações diferiram estatisticamente (p<0,05), variando entre 3,41 a 4,00. A formulação FA demonstrou menos acidez em comparação às outras devido à sua concentração menor de suco de limão siciliano (4,5%), resultando em um pH de 4,0. A formulação FB contendo 9,0% de suco de limão siciliano, teve um pH de 3,71. A formulação FC, com 15,8% de suco de limão, apresentou o pH mais baixo, indicando maior acidez, com um valor de 3,41 (tabela 1).

No contexto de produtos ácidos, Elias e Torres (2017) elaboraram uma geleia de laranja adicionada de ácido cítrico, resultando em um pH entre 3,56 e 3,79. No estudo de Matos et al. (2020), os valores de pH encontrados nas balas de gelatina com mandacaru saborizada com maracujá e umbu, situaram-se entre 3,22 e 4,73. Esses resultados caracterizam o produto como ácido, o que é vantajoso para inibir o crescimento de microrganismos.

Em relação à acidez titulável observou-se diferença significativa (p<0,05) entre as formulações. A FC obteve o resultado superior (2,63 g ácido cítrico/100g) em comparação com a FA e FB, devido ao maior conteúdo de ácido cítrico, corroborando com o menor valor de pH entre todas. A FA, que demonstrou o maior pH entre as três, registrou o menor valor de acidez de 1,29 g/100g, sinal de que o aumento da acidez é inversamente proporcional ao aumento do pH.

Resultados semelhantes foram encontrados por Silva e Silvina (2019) em geleia de acerola com maracujá, variando entre 1,17% e 2,64%, sendo a formulação com maior quantidade de maracujá a que apresentou maior acidez. Isso evidencia que o aumento na quantidade de suco de fruta cítrica está diretamente associado ao aumento da acidez do produto.

Os resultados de açúcares redutores não apresentaram diferença estatisticamente significativa (p<0,05), com FA alcançando 24,40%, FB 24,39% e a FC 24,36%. Essa similaridade ocorre devido à pequena discrepância nas concentrações de suco de laranja

pêra e de suco de limão siciliano entre as três formulações, além do fato de a quantidade de mel utilizada ser idêntica em todas elas. Esses resultados foram semelhantes aos achados por Pereira et al. (2009) na elaboração de geleias, onde a quantidade de suco de goiaba foi aproximada, obtendo-se valores entre 22,94% a 23,03% para açúcares redutores. Dessa forma, é possível observar que quando não há diferença significativa entre matérias primas na produção de doces, o teor de açúcares redutores tendem a ser próximos.

Quanto a compostos fenólicos as três formulações, FA (78,14 mg GAE/100g), FB (77,80 mg GAE/100g) e FC (77,72 mg GAE/100g), não apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$). Apesar disso, esses resultados são superiores aos encontrados por Reissig et al. (2015) em balas mastigáveis convencionais e de reduzido valor calórico de araçá, que obtiveram teores de compostos fenólicos de apenas 22,70 mg GAE/100g e 26,04 mg GAE/100g, respectivamente. Em um estudo de balas mastigáveis de pitanga vermelha, Vergara et al. (2020) observaram um teor de compostos fenólicos de 23,46 mg GAE/100g. Por outro lado, Matos et al. (2020), encontraram valores baixíssimos de compostos fenólicos em suas balas de gelatina de mandacaru saborizada com maracujá, apenas 0,01 mg GAE/100g.

Essa diferença pode ser atribuída à presença de mel nas formulações do presente estudo, o qual possui um alto conteúdo de compostos fenólicos, conforme indicado na tabela 3. De acordo com Barbosa et al. (2020), a diferença nos resultados encontrados pode estar relacionados as características intrínsecas do fruto, fatores biológicos, área cultivada, interferências agrônômicas, bem como diferenças nas metodologias usadas, condições de processamento e armazenamento.

A avaliação sensorial dos doces relacionado a laranja pêra e de limão siciliano, conforme realizada por Dionizio et al. (2013) e Costa et al. (2020), revela o bom desempenho dessas matérias-primas na produção de produtos. Dionizio et al. (2013), destacou entre os atributos avaliados no doce de jaca com laranja, uma melhor aceitação sensorial devido à coloração atrativa da fruta laranja e à sua doçura. Além disso, Machado et al. (2010) *apud* Coelho et al. (2019) observou que a laranja pêra possui alta resistência durante o transporte e processamento, proporcionando um alto rendimento de suco, em média de 52%. Já Costa et al. (2020) elaboraram um doce de pitanga com suco de limão, obtendo resultados positivos na análise sensorial devido à adição de limão, que contribuiu para o equilíbrio entre acidez e doçura.

Dessa forma, a elaboração de balas comestíveis de laranja pêra e limão siciliano tem grande potencial de aceitação devido à sua aparência, cor, sabor e ao considerável valor de compostos fenólicos quando comparado com outras balas, proporcionando benefícios à saúde da população.

Os impactos do ácido cítrico no amido de mandioca são evidenciados na tabela 7, onde se observa uma diferença significativa ($p < 0,05$) na quantidade de carbonila e carboxila entre o amido nativo e o amido modificado. Esses resultados indicam que ocorreu a modificação do amido, evidenciando a substituição dos grupos de hidroxila por grupos carbonila (C=O) e carboxila (COOH) provenientes do ácido cítrico.

Tabela 7 – Quantidade de carbonila e carboxila do amido nativo e amido modificado com ácido cítrico.

Amostra	Carbonila (CO/100 UG)	Carboxila (COOH/100 UG)
Amido nativo	0,012 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,00 ^a
Amido modificado	0,028 ± 0,00 ^b	0,068 ± 0,00 ^b

Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

UG: Unidades de Glicose.

Fonte: Autores (2023).

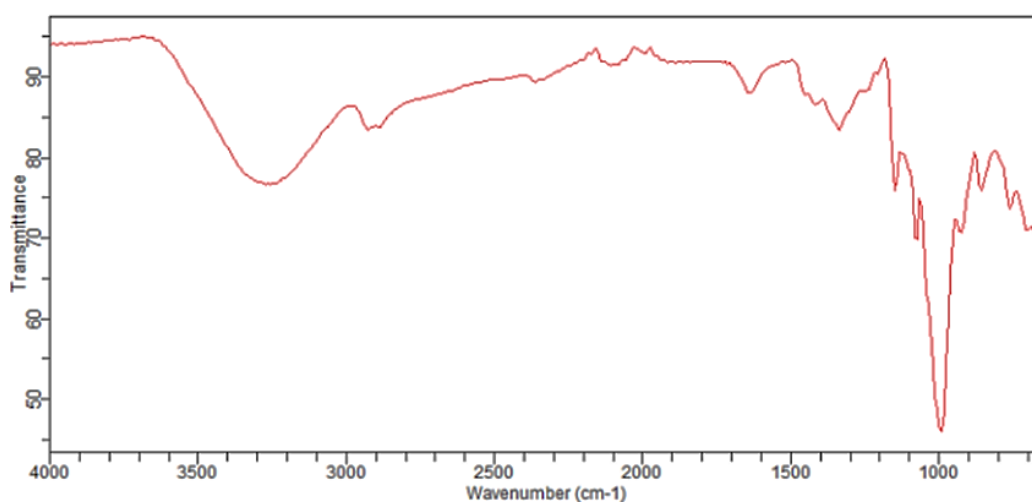
O amido modificado com ácido cítrico demonstrou um aumento significativo no conteúdo do grupo carbonila, alcançando 0,028 CO/100 UG em comparação com o amido nativo, que apresentou 0,012 CO/100 UG. De forma semelhante, o teor de grupo carboxila também evidenciou um aumento substancial no amido modificado, atingindo 0,068 COOH/100 UG, enquanto o amido nativo registrou apenas 0,01 CO/100 UG.

Esses resultados estão de acordo com os achados na literatura. Em um estudo comparativo realizado por Madruga et al. (2015) sobre os amidos de sorgo, tanto nativo quanto modificado com hipoclorito de sódio (NaOCl) a 1,5% foram obtidos valores de 0,013 CO/100 UG de carbonila e ausência de carboxila para o amido nativo, e 0,030 COOH/100 UG de carbonila e 0,060 COOH/100 UG de carboxila para o amido modificado. Além disso, a modificação química do amido de milho por ozônio realizada por Matta Junior (2015), resultou em 0,031 % de carbonila e 0,065% de carboxila. Essa variação nos grupos funcionais está intrinsecamente ligada à morfologia e estrutura granular do amido empregado, a concentração e o tempo de exposição ao agente oxidante.

A técnica de Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR) foi empregada para investigar alterações estruturais no amido submetido a presença de ácido cítrico.

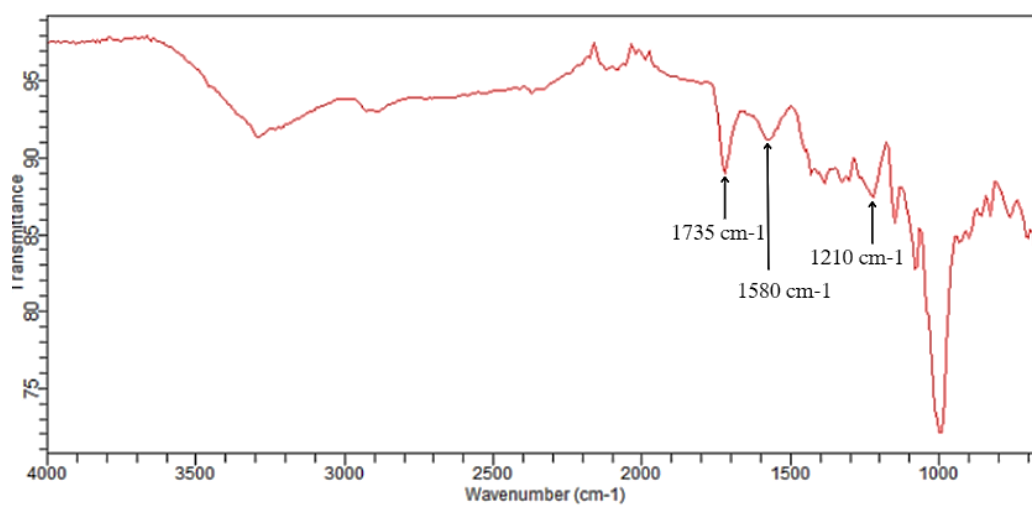
As análises dos espectros obtidos revelam variações nas bandas de absorção em relação ao amido nativo. Segundo Miranda et al. (2011), o ácido cítrico apresenta absorções em diversas faixas, incluindo em 1744 e 1217 cm^{-1} . Observa-se o aparecimento de uma banda em 1580 cm^{-1} e o aumento significativo das bandas em 1735 e 1210 cm^{-1} na amostra de amido modificado (figura 12) em comparação com a amostra de amido nativo (figura 11). Este aumento pode ser atribuído ao alongamento da carbonila (C=O) do grupo éster (MIRANDA et al., 2011), evidenciando o processo de esterificação das amostras tratadas com o referido ácido orgânico.

Figura 11 – Espectros de FTIR do amido nativo.



Fonte: Autores (2023).

Figura 12 – Espectro de FTIR do amido modificado com ácido cítrico.



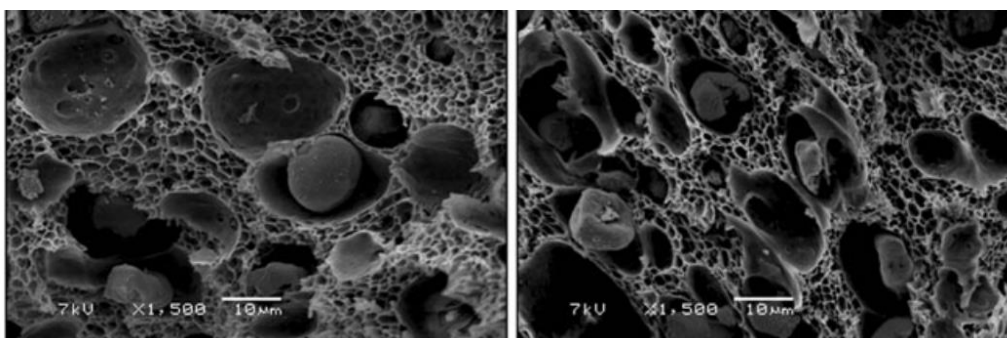
Fonte: Autores (2023).

A capacidade de modificar as características do amido também é explorada em produtos alimentícios, como evidenciados nos estudos de Marfil et al. (2012). Utilizando métodos instrumentais de Análise de Perfil de Textura (APT), eles analisaram a textura de balas de goma preparadas com gelatina e amido de milho modificado com ácido cítrico (AMAC). Os resultados indicaram que o aumento na quantidade de AMAC nos géis provocou alterações significativas em sua estrutura.

Essas mudanças foram identificadas com a formação de zonas ocas no interior dos géis, nos quais grânulos de amido foram segregados da matriz da gelatina, devido a incompatibilidade termodinâmica entre esses biopolímeros (figuras 13 e 14). Como consequência, as balas tornaram-se mais duras e com menos pegajosidade e adesividade.

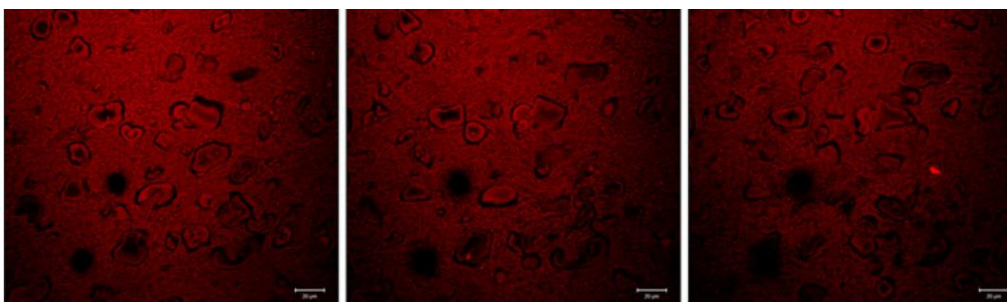
A adição de amido modificado com ácido cítrico em proporções adequadas é uma alternativa viável para otimizar as características das balas de goma (MARFIL et al., 2012). Essa conversão ácida diminui a viscosidade do amido, tornando o seu processo de cozimento mais eficiente, resultando nas propriedades desejadas para as balas, como firmeza, elasticidade, brilho e transparência (JACQUES e CHIM, 2021).

Figura 13 - Grânulos de amido localizados dentro das zonas ocas da matriz de gelatina.



Fonte: Marfil et al. (2012).

Figura 14 - AMAC integrados à estrutura da rede de gelatina.



Fonte: Marfil et al. (2012).

6. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos nas três formulações desenvolvidas (FA, FB, FC), evidenciaram-se diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) nos parâmetros de umidade, carboidratos, valor calórico e acidez. A formulação FA, se destaca por apresentar a menor quantidade de carboidratos (65,22 g/100g), a menor densidade energética (275,01 kcal/100g) e a menor acidez (1,29 g de ácido cítrico/100g). Esses achados evidenciam a influência direta da composição do suco de laranja pêra na formulação, enquanto a menor densidade calórica resulta da substituição parcial da sacarose pelo xilitol, um edulcorante natural de menor densidade energética.

A adição do mel italiana, proporcionou às balas notável presença de compostos fenólicos. Embora não tenha existido diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as balas, a FA se destacou com uma maior quantidade de 78,14 mg GAE/100g, superando formulações anteriores em pesquisas comparativas. Além disso, a modificação do amido de mandioca foi verificada por meio das análises dos grupos carbonila e carboxila e de espectroscopia FTIR, isto pode indicar o aprimoramento na textura das balas de goma, contribuindo para torná-las mais firmes e elásticas.

Diante disso, as balas desenvolvidas, se sobressaem por eliminar corantes artificiais, incorporar compostos fenólicos e reduzir significativamente açúcares em comparação com alternativas disponíveis no mercado. Nesse contexto, a formulação FA se destaca como uma proposta inovadora para substituir as balas convencionais, pois há melhor valor nutricional em comparação com FB e FC. Dessa forma, ela pode contribuir de forma significativa para promover hábitos alimentares mais saudáveis no segmento de balas e confeitos.

No entanto, para pesquisas futuras, sugere-se avaliar a preferência e aceitação das formulações desenvolvidas, abrangendo tanto público infantil quanto adulto. Também, propõem-se a condução de uma análise do perfil de textura das balas para compreensão mais detalhada de suas propriedades mecânicas. Além da investigação da estruturação das balas em moldes de amido, visando examinar possíveis efeitos na redução da umidade durante o processo de produção.

REFERÊNCIAS

ABICAB. Associação Brasileira da Indústria de Chocolates, Amendoim e Balas. **Balanco anual de balas & gomas reforça otimismo do setor**. 2018. Disponível em: <<https://www.abicab.org.br/noticias/balanco-anual-de-balas-gomas-reforca-otimismo-do-setor-18-06-2018/>>. Acesso em: 21 fev 2023.

ABICAB. Associação Brasileira da Indústria de Chocolates, Amendoim e Balas. **Mercado de balas & gomas**. 2021. Disponível em: <<https://www.abicab.org.br/paginas/balas/mercado-2019-1/>>. Acesso em: 21 fev 2023.

ABICAB. Associação Brasileira da Indústria de Chocolates, Amendoim e Balas. **Setor brasileiro de balas & gomas registra produção de 214 mil toneladas em 2020**. 2020. Disponível em: <https://www.abicab.org.br/noticias/setor-brasileiro-de-balas-gomas-registra-producao-de-214-mil-toneladas-em-2020/#_ftnref1>. Acesso em: 21 fev 2023.

ABOUL-ENEIN, H. Y.; BERCZYNSKI, D. X.; KRUK, I. Phenolic compounds: The role of redox regulation in neurodegenerative disease and cancer. **Mini Reviews in Medicinal Chemistry**, v. 13, n. 3, p. 385 - 398, 2013.

ALMEIDA, J. M. **Identificação e quantificação de compostos bioativos em diferentes variedades de laranjas**. 2019. 46f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Farmácia) Faculdade Maria Milza, Governador Mangabeira - BA. 2019.

ALMEIDA, M. B. **Determinação do estágio ótimo de maturação a colheita do limão ‘siciliano’, produzidos no Estado do Ceará**. 2014. 73f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

ALVES, B. A. V. F. et al. Elaboração de linguiça de peixe com jambu. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 5, p. 28949-28957, 2020.

ALVES, T. M. et al. Produção e caracterização de amidos de mandioca modificados. **Revista AGROTEC**. v. 36, n. 1, p. 58-64, 2015.

ALVES, T. T. L. et al. Avaliação da qualidade de méis de abelhas *Apis mellifera* comercializados no município de Ouricuri-PE. **Revista Seminário de Visu.**, v. 3, n. 3, p. 125-133, 2015.

ASSIS, L. M. et al. **Avaliação da aceitabilidade de balas de gomas produzidas com diferentes tipos de gomas.** In: XV Congresso de Iniciação Científica e VIII Encontro de Pós-Graduação, Pelotas (RS), 2006.

ARITA, D. H. **Amidos oxidados e modificados com ácido cítrico: obtenção e aplicação como agentes clarificadores do mosto cervejeiro.** 2019. 98f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2019.

ARAÚJO, S. et al. **Seleção de colônias matrizes para produção de rainhas de abelhas *Apis Mellifera africanizadas*.** 20f. Trabalho de Conclusão de Curso (Ciências Biológicas) - Centro Universitário Internacional UNINTER, Curitiba, 2021.

ÁVILA, B. P. et al. Laranja de polpa vermelha: um estudo físico-químico e sensorial. In: **Mérida Publishers.** Tecnologia de frutas e hortaliças: desenvolvimento de produtos, análise e conservação, p. 70-82, 2021.

BARBOSA, A. P. P. et al. **Physicochemical characterization and qualification of bioactive compounds of *Antrocaryon amazonicum* fruits cultivated in Brazilian Amazonia.** Cyta Journal of Food. v, 18, 2020.

BATISTA, L. N. et al. Adição de polpa de maracujá na elaboração de balas comestíveis. **Revista Principia**, v. 25, n. 3, p. 281-291, 2017.

BEZERRA, L. S. C. **O efeito antioxidante e hipolipidêmico dos sucos de diferentes cultivares de laranja (*Citrus sinensis*) no organismo modelo *Caenorhabditis elegans*.** 2022. 36f. Monografia (Graduação em Biomedicina) – Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2022.

BORBA, V. S. et al. Modificações do amido e suas implicações tecnológicas e nutricionais. In: **Editora Científica Digital.** Ciência e tecnologia de alimentos: pesquisa e práticas contemporâneas, p. 428-457, 2021.

BRADY, C. J. Fruit ripening. **Annual Review of Plant Physiology**, London, v.38, p. 155-178, 1987.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Instrução normativa - IN nº 161, de 1º de julho de 2022**. Estabelece as listas de padrões microbiológicos para alimentos. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 6 jul. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 265, de 22 de setembro de 2005. **Regulamento técnico para balas bombons e gomas de mascar**. Diário oficial da União, Brasília, 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº11 de 20 de outubro de 2000**. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Mel. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2000.

BRASIL. Resolução RDC 359, de 23 de dezembro de 2003. Dispõe sobre Regulamento técnico de porções de alimentos embalados para fins de rotulagem nutricional. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Diário Oficial da União**, Brasília - DF, 26 de dez. 2003.

BROCHADO, M. G. S. et al. Conjuntura do mercado da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) no Brasil e no Estado do Pará. **III Congresso Internacional das Ciências Agrárias**. 2018. Disponível em: <<https://cointer-pdvagro.com.br/wp-content/uploads/2019/01/CONJUNTURA-DO-MERCADO-DA-MANDIOCA-Manihot-esculenta-Crantz-NO-BRASIL-E-NO-ESTADO-DO-PAR%C3%81-1.pdf>>. Acesso em 21 set 2023.

BULIGON, C. et al. Avaliação de fraudes em méis consumidos na região noroeste do rio grande do sul. **Disciplinarum Scientia**. Série: Ciências da Saúde, Santa Maria, v. 16, n. 2, p. 213-220, 2015.

CASTRO, D. S. **Extração e utilização do amido do endocarpo da pitomba na elaboração de catchup e no desenvolvimento de revestimentos comestíveis**. 2019. 132 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2019.

CHATTOPADHYAY, S., SINGHAL, R.S., KULKARNI, P.R. Optimisation of conditions of synthesis of oxidized starch from corn and amaranth for use in film-forming applications. **Cabohydrate Polymers**, v. 34, p. 203-212. 1997.

CHAGAS, T. L. K. et al. Avaliação de conservação da laranja pêra em pós-colheita sob condições em ambiente e refrigeração. **Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa**, v. 34, n. esp., p. 95-102, 2018.

CHITARRA, M. I. F. et al. Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio – 2ª edição. In: **UFLA**, p. 783, 2005.

COELHO, B. E. S. et al. Atributos físico-químicos de frutos de laranja 'Pêra' produzidos sob sistemas de cultivo orgânico e convencional. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v.5, n.1. p. 128-137, 2019.

COSTA, F. et al. Revestimentos comestíveis à base de fécula de mandioca (manihot esculenta) em produtos vegetais: uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 4, p. 1-13, 2022.

COSTA, A. C.; PIO, L. A. S. **Panorama nacional da produção de limão**. 2022. Disponível em: < <https://revistacampoenegocios.com.br/panorama-nacional-da-producao-de-limao-2/>> Acesso em 21 mar. 2023.

COSTA, E. A. et al. Composição físico-química e teste sensorial de geleia de pitanga proveniente da biodiversidade nordestina. In: **Editora Científica Digital**. Tecnologia de Alimentos, tópicos físicos, químicos e biológicos - volume 1, p. 523-532, 2020.

COUTO, M. A. L.; CANNIATTI BRAZACA, S. G. Quantificação de vitamina C e capacidade antioxidante de variedades cítricas Quantification of vitamin C and antioxidant capacity of citrus varieties. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, p. 15–19, 2010.

CRUZ, L. F. S. **Efeito da temperatura de armazenamento sobre os parâmetros físico-químico, microbiológicos e compostos bioativos do mel de *Melipona scutellaris***. 2018, n° de folhas 93 f. Dissertação (Mestrado em Farmácia) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, nov, 2018.

DALMAGRO, M. F. **Desenvolvimento de uma bala adicionada de ingredientes funcionais e sialogogos**. 2014. 67f. Dissertação (Mestrado em Nutrição de Alimentos). Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, RS, 2014.

DIONIZIO, A. S. et al. Elaboração de caracterização físico-químicas e sensorial de geleia de jaca com laranja. **Enciclopédia biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 9, n. 17, p. 1253, 2013.

DUARTE, V. M. et al. **Qualidade de laranjas ‘pêra’ produzidas sob sistemas de cultivo orgânico e convencional em juazeiro-BA**. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia - CONTECC 2018. Maceió - AL, p. 1-5, 2018.

DUPUY N. et al. Mid-infrared spectroscopy and chemometrics in corn starch classification. **Journal Molecular Structure**, p. 551–554, 1997.

ELIAS, L. P.; TORRES, L. B. V. Emprego de açúcar demerara na elaboração de geleia de laranja com cranberry (*Vaccinium macrocarpon*). **Nutrivisa**, v. 4, n. 2, p. 48-60, 2017.

FARIAS, R. A. et al. Análise do potencial das propriedades físicas e químicas em méis de *Apis mellifera* provenientes do estado do Ceará: Uma avaliação de qualidade. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 8, p. 62234-62246, 2020.

FARIA, A. B. et al. Características físicas e químicas do limão siciliano em diferentes estádios de maturação. In: **Editora Atena**. Prática e Pesquisa em Ciência e Tecnologia de Alimentos 4, p. 38-196, Goiás, 2020.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2019.

FONTOURA, L. M. et al. Formulação de balas enriquecidas com ferro, cálcio, beta-caroteno, licopeno e vitamina C. **Acta Tecnológica**, v. 8, n. 2, p. 36-43, 2013.

FRANZ, G. M. et al. Análise polínica e compostos fenólicos de mel e própolis do pantanal, Mato Grosso, Brasil. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.9, n.1, p.13-25, 2018.

FREITAS, E. P. B. et al. Caracterização físico-química em méis de abelhas produzidos no município de Cachoeira do Arari – ilha do Marajó, Pará. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 3, p. 1-19, 2022.

GARCIA, T.; PENTEADO, M. V. C. Qualidade de balas de gelatina fortificadas com vitaminas A, C e E. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, n. 4, v. 25, p. 743-749, 2005.

GONÇALVES, K. D. **Efeitos da fermentação natural sobre os parâmetros físico-químicos do mel de abelha sem ferrão *Melipona flavolineata* (uruçu-amarela) do Estado do Pará**. 2018. 52 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química Industrial) – Faculdade de Química, Instituto de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Federal do Pará, Belém, 2018.

GOMES, V. V. et al. Avaliação da qualidade do mel comercializado no Oeste do Pará, Brasil. **Revista Virtual de Química**, v. 9, n. 2, p. 815-826, 2017.

IAL. Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed., São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção de Mel de Abelha**. 2021. disponível em <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/mel-de-abelha/br>>. Acesso em 22 de fevereiro de 2023.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA)**, dezembro de 2022. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/7878#resultado>>. Acesso em: 14 mar. 2023.

JACOB, M. A. M. **Compostos fenólicos, atividade antioxidante e características físico-química de mel e pólen coletados por *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 (Hymenoptera: Apidae)**. 2014, n° de folhas 85 f. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2014.

JACQUES, A. C.; CHIM, J. F. Tecnologia de balas. In: **Mérida Publishers**. Tecnologia de açúcares, balas e caramelos, p. 39-58, 2021.

JESUS, M. O. et al. **Avaliação das características química do limão volkamericano produzida no sistema orgânico**. 11° FEPEG - Fórum Ensino, Pesquisa, Extensão, Gestão, 2017. Disponível em: <<http://www.fepeg2017.unimontes.br/anais/download/1901>> Acesso em: 24 nov 2023.

JÚNIOR, P. S. T. Discriminação entre méis de abelhas (*Melipona* sp e *Apis mellifera*) comercializados em Itaituba – PA. In: **Editora Científica Digital**. Avanços em Ciências e Tecnologias de Alimentos – volume 2, p. 165-178, 2020.

JUST, S.; NESPOLO, C. **O mel de suas propriedades**. SB rural, Chapecó, ed. 47, 2010. Disponível em: <https://www.udesc.br/arquivos/ceo/id_cpmenu/1043/caderno_udesc_047_15197416503848_1043.pdf>. Acesso em 16 mar. 2023.

KROLOW, A. C. R. et al. Pasteurização de suco integral e néctar de laranja Cultivar Valência: definição de temperatura e tempo de retenção. **Embrapa Clima Temperado**, Pelotas, p. 1-9, 2020.

LAZZAROTTO, E. et al. G. Bala de gelatina com fibras: caracterização e avaliação sensorial. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 02, n. 1, p. 22-34, 2008.

LEMOS, L. M. C. et al. Características físico-químicas da laranja em função da posição da copa. **Revista Brasileira Fruticultura**, v. 34, n. 4, p. 1091 -1097, 2012.

LIMA, B. E. **Propriedade antioxidante do mel de abelha**. 27f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Alimentos) - Universidade Federal de Paraíba, João Pessoa, 2020.

LINS, J. C. **Produção de balas mastigáveis a partir de diferentes cultivares de mangífera indica L. do município de Petrolina/PE**. 2022. 42f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia de Alimentos) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Petrolina - PE, 2022.

LORENTE, J. et al. Chemical guide parameters for Spanish lemon (*Citrus limon* (L.) Burm.) juices. **Food Chemistry**, n. 1, p. 162, 186–191, 2014.

MACHADO, T. V. **Avaliação sensorial e físico-química do suco de laranja proveniente das etapas do processamento do suco concentrado e congelado**. 2010. 117 f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São Paulo, 2010.

MACHADO, C. T. **Bala de gelatina com colágeno hidrolisado e microcápsulas de maracujá (*passiflora edulis*)**. 2020. 98f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2020.

MADRUGA, K. M. et al. Propriedades de pasta e dureza de gel de amido de sorgo nativo e oxidado. **Semana integrada**. 2015. Dissertação (Iniciação científica) – Universidade Federal de Pelotas, 2015.

MARMITT, L. G. et al. Determinação de ácido cítrico e pH em diferentes cultivares de limão e marcas de sucos artificiais de limão em pó. **Revista Destaques Acadêmicos**, Lajeado, v. 8, n. 4, 2016.

MARFIL, P. H. M. et al. Texture and Microstructure of Gelatin/Corn Starch-Based Gummy Confections. **Food Biophysics**, v.7, p. 236–243, 2012.

MARTINS, P. C. **Aplicação de modificação química em amidos: estratégias para melhoria de embalagens para alimentos**. Tese (Pós-graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos), Universidade Federal do Rio Grande, 2020.

MATTA J. M. D. **Características estruturais, físico-químicas e funcionais dos amidos de mandioca e de milho com diferentes teores de amilose oxidados por ozônio**. 2015. 107f. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

MATOS, T. L. M. et al. Bala de gelatina com mandacaru (*Cereus jamacaru* P.C) saborizada com maracujá e umbu: formulação e avaliação. **Brazilian Journal of Food Research**, Campo Mourão, v. 11, n. 2, p. 87-103, 2020.

MENDONÇA, L. R. O.; LIBERATO, M. C. T. C. Análise físico-química e biológica dos méis de abelha *Apis mellífera* L. de diferentes floradas e produção de hidromel em escala laboratorial. In: **Editora Poisson**. Produção Acadêmica do Laboratório de Bioquímica e Biotecnologia da Universidade Estadual do Ceará – Volume 1, p. 8-31, 2021.

MELO, F. O. et al. Desenvolvimento de balas de gelatina de morango enriquecida com extrato de hibisco (*Hibiscus Sabdarifa* L.). **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 7, p. 47561-47571, 2020.

MIRANDA, V. R. et al. Blendas compatíveis de amido termoplástico e polietileno de baixa densidade compatibilizadas com ácido cítrico. **Polímeros**, v. 21, n. 5, p. 353-360, 2011.

NEVES, N. C. R. **Percepção do consumidor sobre os alimentos funcionais**. 2020, n° de folhas 88 f. Dissertação. (Mestrado em Agronegócio) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2020.

NETO, J. R. V.; LIBERATO, M. C. T. C. Estudo comparativo de méis de *Apis mellífera* L. produzidos no sul, sudeste e centro-oeste brasileiro. In: **Editora Poisson**. Produção Acadêmica do Laboratório de Bioquímica e Biotecnologia da Universidade Estadual do Ceará – Volume 1, p. 162-196, 2021.

OJOGBO, E. et al. Chemical and physical modifications of starch for renewable polymeric materials. **Materials Today Sustainability**, v. 7–8, p. 100028, 2020.

OLIVEIRA, A. C. et al. Fontes vegetais naturais de antioxidantes. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 689-702, 2009.

OTLES, S. et al. Kinetic modelling of vitamin C losses in fresh citrus juices under different storage conditions. **Annals of the Brazilian Academy of Sciences**, v. 92, n. 2, p. 1-9, 2020.

PEREIRA, P. A. P. **Elaboração de geleia utilizando resíduo do processamento de goiaba (*Psidium guajava* L.)**. 2009. 107f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

PEREIRA, L. D. **Caracterização do amido nativo e modificação química do amido da fruta-de-lobo (*Solanum lycocarpum*) com tripolifosfato de sódio**. 2011. 63f. Dissertação (Mestrado em Ciências Moleculares), Universidade Estadual de Goiás, Anápolis - Goiás, 2011.

PEREIRA, J. R. R. **Efeito da ingestão de sucos de laranja, variedades Moro e Pêra, sobre o estresse oxidativo de camundongos saudáveis e com resistência à insulina induzida por dieta hiperlipídica e hiperglicídica**. 2019. 92f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

PINTO, S. L. **Comparação dos atributos físicos - químicos e caracterização de vitamina C em frutos de limão galego, limão Thiti e Limão-de Caiena**. 2019. 33 f. Orientador: Fabio Lucas. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal Rural da Amazônia, 2019.

REISSIG, G. N. et al. Balas mastigáveis de araçá amarelo (*psidium cattleianum* sabine) convencional e de baixo valor calórico: avaliação físico-química e fitoquímica. In: **5º Simpósio de Segurança Alimentar**, Bento Gonçalves – RS, 2015.

ROLIM, M. B. Q. et al. Generalidades sobre o mel e parâmetros de qualidade do mel no Brasil: revisão. **Medicina Veterinária (UFRPE)**, Recife, v. 12, n.1, p. 73-81, 2018.

RONKO, L. Z. et al. Amido e bagaço de mandioca (*Manihot esculenta* C.): obtenção e caracterização de diferentes variedades. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**. Ponta Grossa, v. 14, n. 01, p. 2962-2982, 2020.

SANTOS, B. F. S. et al. Balas artesanais biofortificadas com polpa de frutos do cerrado. **Ciências Agrárias: o avanço da ciência no Brasil**. v. 5, p. 61-72, 2022.

SANTOS, K. O. C. **Desenvolvimento e avaliação de néctares mistos à base de frutas tropicais**. 2022. 47f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Alimentos) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa - PB, 2022.

SANTOS, F. C. F. et al. Caracterização físico-química de amostras de mel de abelhas nativas. **Scientia Naturalis**, Rio Branco, v.3, n. 2, p. 2366-2382, 2021.

SANTOS, F. R. **Caracterização físico-química de frutos e determinação de óleos essenciais da casca de trinta variedades de laranjas doces**. 2020. 121f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2020.

SANTOS, T. C. S. **Análise físico-química de suco de laranja sob aquecimento**. 2017. 28f. Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico em Alimentos) – Instituto Federal de São Paulo, Campus Barretos, 2017.

SANTOS, R. M. et al. Caracterização morfoagronômica e físico-química de germoplasma de citrus. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 13 n. 23; p. 1014, 2016.

SANT'ANA, I. H. et al. **A importância dos óleos e gorduras na produção de doces e confeitos**. Congresso Online Nacional de Química. 2021. Disponível em: <<https://cdn.congresso.me/1qqbjsis5crfhgus3mt8306kq1bc>>. Acesso em: 20 nov 2023.

SHAMSUDIN, S. et al. Influence of origins and bee species on physicochemical, antioxidant properties and botanical discrimination of stingless bee honey. **International Journal of Food Properties**, v.22, n.1, p.238-263, 2019.

SILVA, P. S. **Bioquímica dos alimentos**. Porto Alegre: SAGAH, 2018.

SILVA, A. C. R.; SILVINA, A. B. **Desenvolvimento e caracterização de geleia de acerola com maracujá**. 2019. 55f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Tecnologia em Alimentos), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2019.

SILVA, N. et al. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. 5 ed. São Paulo: Blucher, 2017.

SILVA, J. M. et al. Amido de mandioca modificado por oxidação: propriedades físicas e químicas e perfil de textura de géis. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 10, pg 4-5, 2020.

SILVA, N. M. P. et al. **Análise físico-química dos limões galego (*Citrus aurantifolia*) e siciliano (*Citrus limon*)**. XVI Congresso Brasileiro de Biomedicina, 2018. Disponível <http://icongresso.abbm.itarget.com.br/arquivos/trabalhos_completos/abbm/2/104_01092018_004942.pdf> Acesso em: 24 nov 2023.

SMITH, R. J. Characterization and analysis of starches. In R. L. Whistler, E. F. Paschall (Eds.), **Starch: Chemistry, technology**. New York: Academic Press, 1997.

SINGLETON, V. L. et al. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. **Methods Enzymology**. V.299, p. 152 -178, 1999.

SOUZA, S. F. Z. et al. Desenvolvimento de bala de açaí adicionada de cafeína. **ACTA tecnológica**, v. 11, n. 2, p. 43-53, 2016.

SOUZA, R.C.S.; YUYAMA, L.K.O.; AGUIAR, J.P.L.; OLIVEIRA, F. P. M. **Valor nutricional do mel e pólen de abelhas sem ferrão da região amazônica**, pg 333-336, 2004.

TACO. **Tabela brasileira de composição de alimentos**. 4.ed. Campinas: NEPA-UNICAMP, 2011.

VARGAS, T. **Avaliação da qualidade do mel produzido na região dos Campos Gerais do Paraná**. 2006. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2006.

VERGARA, L. P. et al. Efeito da retenção de compostos bioativos e perfil sensorial em balas mastigáveis formuladas com polpa Blend. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 11, p. 90148-90159, nov. 2020.

VIANA, D. S. **Limão (Citrus latifolia, Tanaka), cv. tahiti, de cultivos convencional e orgânico biodinâmico: avaliação da capacidade antioxidante dos sucos in natura e clarificados por membranas de microfiltração**, 2010. 100 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Universidade Federal de Rio de Janeiro, Faculdade de Farmácia, Rio de Janeiro, 2010.

VIDAL, M. F. Citricultura: Laranja. **Caderno setorial ETENE**, ano 7. n. 241, 2022.

VOLPE, C. A. et al. Influência da soma térmica e da chuva durante o desenvolvimento de laranjas ‘valência’ e ‘natal’ na relação entre sólidos solúveis e acidez e no índice tecnológico do suco. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal - SP, v. 24, n. 2, p. 436-441, 2002.

WALTRICH, C.; CARVALHO, L. F. Estudo de propriedades físicas e químicas durante armazenamento de mel produzido na região de Blumenau, Brasil. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. 1-15, 2020.

ZULIANI, A. M. O. G. **Resistência de genótipos de laranja doce (Citrus sinensis) ao cancro cítrico e diversidade genética de Xanthomonas citri subsp. citri**. 2014. 131f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá - PR, 2014.



Universidade do Estado do Pará
Centro de Ciências Naturais e Tecnologia
Curso de Tecnologia de Alimentos
Travessa Enéas Pinheiro, 2626 – Marco
66095-490. Belém – PA



www.uepa.br