

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA - UESB

Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos

Área de Concentração: Ciência de Alimentos



**PROPRIEDADES FITOQUÍMICAS DE CASCA DE MANGA (*Mangifera indica* L.)
LIOFILIZADA E APLICAÇÃO EM SORVETE**

Aluna: Cristina Xavier dos Santos Leite

Orientador: *DSc.* Marcondes Viana da Silva

Itapetinga

Bahia/Brasil

Novembro – 2019

CRISTINA XAVIER DOS SANTOS LEITE

**PROPRIEDADES FITOQUÍMICAS DE CASCA DE MANGA (*Mangifera indica* L.)
LIOFILIZADA E APLICAÇÃO EM SORVETE**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Engenharia e Ciência de Alimentos.

Área de concentração: Ciência de Alimentos.

Orientador: Prof. *DSc.* Marcondes Viana da Silva.

Co-orientador: Prof. *DSc.* Leandro Soares Santos.

Co-orientadora: Prof. *DSc.* Suzana Caetano da Silva Lannes.

Itapetinga

Bahia/Brasil

Novembro - 2019

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA - UESB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E CIÊNCIA DE ALIMENTOS

Banca examinadora:

Marcondes Viana da Silva (Orientador)

Leandro Soares Santos (Co-orientador)

Suzana Caetano da Silva Lannes (Co-orientadora e membro titular externo ao PPG-ECAL)

Gabrielle Cardoso Reis Fontan (Membro titular externo ao PPG-ECAL)

Andrea Gomes da Silva (Membro titular do PPG-ECAL UESB)

Itapetinga

Bahia/Brasil

Novembro - 2019

634.44 Leite, Cristina Xavier dos Santos.
L551p Propriedades fitoquímicas de casca de manga (*Mangifera indica* L.) liofilizada e aplicação em sorvete. / Cristina Xavier dos Santos Leite. – Itapetinga-BA: UESB, 2019.
155f.

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Engenharia e Ciência de Alimentos. Sob a orientação do Prof. DSc. Marcondes Viana da Silva e coorientação do Prof. DSc. Leandro Santos Soares e Prof^ª. DSc. Suzana Caetano da Silva Lannes.

1. Manga - Coproduto. 2. Fitoquímicos bioativos. 3. sorvete- Substitutos de gordura. I. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - Programa de Pós-Graduação de Doutorado em Engenharia e Ciências de Alimentos, *Campus* de Itapetinga. II. Silva, Marcondes Viana da. III. Soares, Leandro Santos. IV .Lannes, Suzana Caetano da Silva.V. Título.

CDD(21): 634.44

Catálogo na Fonte:

Adalice Gustavo da Silva – CRB 535-5ª Região
Bibliotecária – UESB – Campus de Itapetinga-BA

Índice Sistemático para desdobramentos por Assunto:

1. Manga - Coproduto
2. Fitoquímicos bioativos
3. Substitutos de gordura



Áreas de Concentração: Engenharia de Alimentos
Ciência de Alimentos

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

Título: PROPRIEDADES FITOQUÍMICAS DE CASCA DE MANGA (*Mangifera indica* L.) LIOFILIZADA E APLICAÇÃO EM SORVETE.

Autor (a): CRISTINA XAVIER DOS SANTOS LEITE

Orientador (a): Prof. Dr. Marcondes Viana da Silva

Coorientador (a): Prof. Dr. Leandro Soares Santos

Prof.^a Dr.^a Suzana Caetano da Silva Lannes

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de **DOUTORA EM ENGENHARIA E CIÊNCIA DE ALIMENTOS, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: CIÊNCIA DE ALIMENTOS**, pela Banca Examinadora.


Prof. Dr. Leandro Soares Santos
UESB


Prof.^a Dr.^a Gabrielle Cardoso Reis Fontan
UESB


Prof.^a Dr.^a Andréa Gomes da Silva
UESB


Prof.^a Dr.^a Suzana Caetano da Silva
Lannes
Membro Externo - USP


Prof. Dr. Marcondes Viana da Silva
Orientador - UESB
Presidente da Banca

Itapetinga-BA, 29 de novembro de 2019.

"Mesmo quando tudo parece desabar,
cabe a mim decidir
entre rir ou chorar,
ir ou ficar,
desistir ou lutar,
porque descobri, no caminho incerto da vida,
que o mais importante é o decidir".

(Autor desconhecido)

"Quando não há mais certezas possíveis, só o amor sabe o que é verdade" (Lisa Genova).

Aos meus pais José e Auresina
Aos meus irmãos Luciano e Vinícius
Ao meu amor Mateus

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus por tudo que proporcionou em minha vida, pela fé e por não ter me desamparado nos momentos mais difíceis.

Aos meus pais amados José e Auresina, pela vida, pelo amor, pelo exemplo de perseverança e dedicação! Devo tudo à vocês!

Aos meus irmãos Luciano e Vinícius, pelo amor, companheirismo, pela presença constante em minha vida. Minhas cunhadas Dariane e Pollyana, obrigada pelo carinho!

Ao meu esposo Mateus, eu não tenho palavras para agradecer tudo o que você sempre fez por mim, você foi a melhor das minhas decisões! Te amo!!!

Às amigas Ingrid, Marília, Márjorie e Márcia, pela amizade, pelo apoio, por compartilhar comigo todas as dificuldades e vitórias durante esse curso. Vocês sempre estarão em minhas orações, sem vocês eu não teria conseguido! Amo vocês!

Ao meu amigo Leandro Soares Santos, pela amizade, pelo carinho, pelos conselhos, pela paciência, por todo tempo e conhecimento que você dedicou a mim! Amo você!

Ao professor Marcondes Viana da Silva pela orientação, dedicação, incentivo, paciência, minha eterna gratidão.

À amiga Vanessa Sampaio, pela amizade, cumplicidade e pelo incentivo nesse projeto.

Aos colegas e amigos da pós-graduação, pelo apoio sempre que eu precisei.

Aos meus colegas e amigos do Necal, pelos agradáveis momentos proporcionados, pelo apoio e pelo conhecimento compartilhados.

À Banca Examinadora, professores Leandro Soares Santos, Suzana Caetano da Silva Lannes, Gabrielle Cardoso Reis Fontan e Andrea Gomes da Silva, pelas valiosas contribuições para realização deste trabalho.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos por ser parte fundamental na aquisição de conhecimentos indispensáveis para a minha formação profissional.

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB) e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos pela oportunidade de realização do curso.

À todos os funcionários da UESB, em especial Virginia e Jamilles.

À CAPES pela bolsa concedida durante o curso.

À todos os amigos e familiares pelas orações e pela torcida.

À todos aqueles que por ventura não tenham sido citados mas que, com certeza, contribuíram de forma significativa para a realização deste trabalho.

Muito obrigada!

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	4
LISTA DE FIGURAS	6
RESUMO	8
PALAVRAS CHAVE	9
ABSTRACT	10
KEY WORDS	11
1. INTRODUÇÃO.....	15
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1 Aproveitamento integral de alimentos.....	17
2.2 Manga (<i>Mangifera indica</i> L.): caracterização química e aproveitamento da casca	19
2.2.1 Antinutrientes, hemólise e resíduos de pesticidas	24
2.3 Fitoquímicos bioativos	27
2.4 Caracterização do sorvete.....	37
2.5 Substitutos de gordura: características e aplicações em sorvete	40
2.5.1 Influência dos hidrocoloides como substitutos de gordura em sorvete	43
2.5.2 Inulina: propriedades tecnológicas como substituto de gordura	44
2.5.3 Goma guar: propriedades tecnológicas como substituto de gordura.....	46
2.5.4 Goma arábica: propriedades tecnológicas como substituto de gordura	49
2.5 Análise sensorial.....	51
3. OBJETIVOS.....	54
3.1 Objetivo Geral	54
3.2 Objetivos Específicos	54
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	55
4.1 Obtenção dos frutos in natura e preparo da polpa e casca de manga	55
4.2 Produção da farinha de casca de manga liofilizada (FCML)	55
4.3 Análises físico-químicas gerais da polpa e da casca de manga in natura.....	56
4.3.1 Determinação da atividade de água (A_w)	56
4.3.2 Determinação do pH.....	56
4.3.3 Determinação da acidez titulável total (ATT)	56
4.3.4 Determinação do teor de umidade	57
4.3.5 Determinação do ácido ascórbico.....	57
4.3.6 Determinação de cinzas	57
4.3.7 Determinação de lipídeos totais.....	57
4.3.8 Determinação da fibra alimentar	57
4.3.9 Determinação de proteínas totais.....	57
4.3.10 Determinação de sólidos solúveis totais (SST)	58
4.3.11 Determinação de carboidratos redutores, não redutores e totais	58

4.3.12	Determinação instrumental de cor.....	58
4.3.13	Determinação da composição mineral.....	58
4.3.13.1	Instrumentação.....	58
4.3.13.2	Preparo das amostras	60
4.4	Análises microbiológicas.....	60
4.5	Caracterização química e determinação de fitoquímicos bioativos da FCML.....	61
4.5.1	Determinação de fitoquímicos bioativos	61
4.5.1.1	Determinação de constituintes fenólicos totais (CFT)	61
4.5.1.2	Determinação de ácidos fenólicos individuais por CLAE.....	61
4.5.1.3	Determinação de flavonoides totais.....	62
4.5.1.4	Determinação de taninos condensados	62
4.5.1.5	Determinação de carotenoides totais	62
4.5.2	Investigação de antinutrientes	62
4.5.2.1	Determinação titulométrica de fitatos.....	62
4.5.2.2	Determinação titulométrica de oxalatos	63
4.5.2.3	Determinação da atividade hemaglutinante.....	63
4.5.2.4	Determinação espectrofotométrica de nitratos	63
4.5.2.5	Determinação espectrofotométrica de saponinas totais.....	64
4.5.3	Investigação da atividade hemolítica.....	64
4.5.3.1	Obtenção de eritrócitos humano	64
4.5.3.2	Preparo da solução de eritrócitos.....	64
4.5.3.3	Efeito sobre a hemólise	64
4.5.4	Análise de resíduos de agrotóxicos/pesticidas.....	65
4.6	Determinação da capacidade antioxidante	65
4.6.1	Ensaio do radical ABTS ^{•+}	65
4.6.2	Ensaio da inibição da co-oxidação do sistema β -caroteno e ácido linoleico.....	66
4.6.3	Ensaio do poder redutor (PR)	66
4.7	Formulação do sorvete de manga e elaboração das formulações contendo a farinha da casca de manga liofilizada e substitutos de gordura.....	66
4.8	Caracterização química e físico-química do sorvete de manga enriquecido com FCML e substitutos de gordura.....	70
4.8.1	Teste de derretimento	70
4.8.2	Teste de incorporação de ar (<i>overrun</i>).....	71
4.8.3	Análises de perfil de textura (TPA).....	71
4.8.4	Microscopia óptica do sorvete.....	72
4.9	Análise sensorial do sorvete	72
4.9.1	Dominância temporal das sensações (TDS)	72
4.9.1.1	Recrutamento dos avaliadores, seleção de atributos, instruções e treinamento do painel	72

4.9.1.2 Avaliação sensorial formal	73
4.9.2 Testes com consumidores	73
4.9.2.1 Questionário check-all-that-apply (CATA).....	74
4.9.2.2 Teste de aceitação e intenção de compra.....	74
4.10 Planejamento experimental.....	74
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	76
5.1 Rendimento, análises físico-químicas, caracterização química e análise instrumental da cor da polpa, da casca da manga e da farinha da casca de manga liofilizada.....	76
5.2 Determinação de fitoquímicos bioativos da farinha de casca de manga liofilizada	82
5.2.1 Ácidos fenólicos individuais presentes na farinha da casca de manga liofilizada ..	84
5.3 Investigação de antinutrientes na farinha de casca de manga liofilizada	86
5.3.1 Análise de resíduos de agrotóxicos/pesticidas.....	89
5.4 Capacidade antioxidante da farinha da casca de manga liofilizada.....	93
5.5 Otimização das concentrações de polpa (PM) e farinha de casca de manga liofilizada (FCML) na produção de sorvete.....	94
5.5.1 Avaliação do parâmetro cor nos sorvetes produzidos com polpa e casca de manga liofilizada	94
5.5.2 Avaliação das propriedades de oxidação nos sorvetes produzidos com polpa e casca de manga liofilizada.....	98
5.5.3 Avaliação das propriedades tecnológicas dos sorvetes produzidos com polpa e casca de manga liofilizada.....	101
5.6 Avaliação das propriedades tecnológicas dos sorvetes produzidos com PM, FCML e substitutos de gordura.....	105
5.7 Resultados análises microbiológicas	113
5.8 Caracterização química e físico-química do sorvete de manga enriquecido com a FCML e substituto de gordura.....	115
5.9 Resultados da análise de microscopia óptica.....	117
5.10 Estudo sensorial.....	119
5.10.1 Dominância temporal das sensações - TDS	119
5.10.2 Check all that apply - CATA.....	121
5.10.3 Testes de aceitação e intenção de compra	123
6. CONCLUSÕES	127
REFERENCIAS	128
APÊNDICE	145

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Composição química da manga.....	20
Tabela 2- Composição centesimal da casca e da polpa de manga (g.100g ⁻¹).....	22
Tabela 3- Teor de minerais da casca e da polpa de manga Tommy (mg.100g ⁻¹).....	22
Tabela 4- Teor de metais pesados da casca e da polpa de manga Tommy (mg.100g ⁻¹).....	22
Tabela 5- Condições operacionais e instrumentais do espectrômetro de emissão atômica com plasma acoplado indutivamente.....	59
Tabela 6- Formulação de sorvete padrão sabor manga.	66
Tabela 7- Níveis codificados e reais das variáveis independentes para PM e FCML.....	68
Tabela 8- Planejamento dos Ensaio do DCCR para concentrações de PM e FCML.	68
Tabela 9- Níveis codificados e reais das variáveis independentes para os substitutos de gordura.....	68
Tabela 10- Planejamento dos Ensaio do DCCR para substitutos de gordura.	69
Tabela 11- Resultados das análises físico-químicas e caracterização química da casca in natura (CM), polpa (PM) e farinha da casca de manga liofilizada (FCML) variedade Tommy Atkins.	76
Tabela 12- Parâmetros de cor L*, a*, b* e dE para amostras de casca in natura (CM), polpa (PM) e farinha da casca de manga liofilizada (FML) variedade Tommy Atkins.....	79
Tabela 13- Composição mineral da polpa (PM) e da farinha da casca de manga liofilizada (FCML) Tommy Atkins.	81
Tabela 14- Fitoquímicos bioativos encontrados na farinha da casca de manga liofilizada (FCML).....	83
Tabela 15- Perfil quantitativo de fenólicos individuais na farinha da casca de manga liofilizada (FCML).	84
Tabela 16- Resultados da investigação de antinutrientes na farinha da casca de manga liofilizada (FCML).	86
Tabela 17- Resultados da investigação de resíduos de agrotóxicos/pesticidas na farinha da casca de manga liofilizada (FCML).	89
Tabela 18- LMR e IDA para os agrotóxicos/pesticidas encontrados na farinha da casca de manga liofilizada (FCML).....	93
Tabela 19- Avaliação da capacidade antioxidante da farinha da casca de manga liofilizada (FCML).....	93
Tabela 20- ajustados para os parâmetros de cor dos sorvetes desenvolvidos com polpa (PM) e farinha da casca de manga liofilizada (FCML).	95

Tabela 21- Modelos ajustados para os parâmetros de oxidação dos sorvetes desenvolvidos com polpa (PM) e farinha da casca de manga liofilizada (FCML).	98
Tabela 22- Modelos ajustados para as propriedades tecnológicas, overrun e gomosidade, dos sorvetes desenvolvidos com polpa (PM) e farinha da casca de manga liofilizada (FCML). .	102
Tabela 23- Modelos ajustados para as propriedades tecnológicas, taxa de derretimento, overrun, dureza, elasticidade e gomosidade, dos sorvetes desenvolvidos com PM, FM e substitutos de gordura.	106
Tabela 24- Resultado das análises microbiológicas realizadas na FCML.....	114
Tabela 25- Resultado das análises microbiológicas das amostras dos sorvetes produzidos. .	115
Tabela 26- Caracterização química e físico-química do sorvete otimizado com PM, FCML e substituto de gordura.	115
Tabela 27- Análise instrumental da cor do sorvete otimizado com PM, FCML e substituto de gordura.....	116
Tabela 28- Avaliação das propriedades de oxidação do sorvete otimizado com PM, FCML e substitutos de gordura.	117
Tabela 29- Teste de Aceitação dos sorvetes em relação aos atributos sabor, aroma, textura, cor e impressão global.	124

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Grupo fenol, estrutura básica dos compostos fenólicos.....	29
Figura 2- Estrutura básica dos flavonoides.....	29
Figura 3- Estrutura química geral dos flavonoides e suas diferentes classes.	30
Figura 4- Resumo das relações estrutura-capacidade antioxidante.	30
Figura 5- Estrutura da β -penta-O-galloyl-D-glicose (A) e da vascalagina (B).	32
Figura 6- Estrutura do tipo B.....	33
Figura 7- Estrutura do β -caroteno, luteína, zeaxantina e licopeno.	35
Figura 8- Representação da estrutura química da inulina.....	45
Figura 9- Estrutura química da goma guar.	47
Figura 10- Estrutura química da goma arábica.....	50
Figura 11- Fluxograma do processamento para obtenção dos sorvetes.	69
Figura 12- Esquema de disposição dos utensílios para realização do teste de derretimento....	71
Figura 13- Fruto manga, casca in natura, polpa, farinha da casca de manga liofilizada.	80
Figura 14- Resultados da análise de hemaglutinina: (A) Controle positivo (feijão preto), negativo para amostras das farinhas de manga (B), (C) e (D).....	88
Figura 15- Forma estrutural Azoxistrobina.	90
Figura 16- A: Forma estrutural Carbendazim; B: Forma estrutural Tiofanato-metil.....	91
Figura 17- Forma estrutural Difenconazol.	91
Figura 18- Forma estrutural Ditiocarbamatos.	92
Figura 19- Gráfico da análise da superfície de resposta para a variável cor, parâmetro a^* , das formulações de sorvetes com polpa e farinha da casca de manga liofilizada.....	95
Figura 20- Gráfico da análise da superfície de resposta para a variável cor, parâmetro b^* , das formulações de sorvetes com polpa e farinha da casca de manga liofilizada.....	96
Figura 21- Gráfico da análise da superfície de resposta para a variável cor, parâmetro L^* , das formulações de sorvetes com polpa e farinha da casca de manga liofilizada.....	97
Figura 22- Gráfico da análise da superfície de resposta para a variável cor, parâmetro dE^* , das formulações de sorvetes com polpa e farinha da casca de manga liofilizada.....	97
Figura 23- Gráfico da análise da superfície de resposta para a variável conteúdo de fenólicos totais das formulações de sorvetes com polpa e farinha da casca de manga liofilizada.....	99
Figura 24- Gráfico da análise para a variável Poder Redutor das formulações de sorvetes com polpa e farinha da casca de manga liofilizada.	99
Figura 25- Gráfico da análise para a variável $ABTS^{+*}$ das formulações de sorvetes com polpa e farinha da casca de manga liofilizada.	100

Figura 26- Gráfico da análise da superfície de resposta para a variável capacidade antioxidante pelo sistema beta caroteno e ácido linoleico dos sorvetes formulados com polpa e farinha da casca de manga liofilizada.....	101
Figura 27- Comportamento médio do derretimento do sorvete, produzido com polpa e farinha da casca de manga liofilizada.	102
Figura 28- Gráfico da análise da superfície de resposta para a variável overrun nas formulações de sorvetes com polpa e farinha da casca de manga liofilizada.....	103
Figura 29- Gráfico da análise da superfície de resposta para a variável gomosidade nas formulações de sorvetes com polpa e farinha da casca de manga liofilizada em diferentes concentrações.....	105
Figura 30- Gráfico da análise da superfície de resposta para a variável taxa de derretimento nas formulações de sorvete com PM, FCML e substitutos de gordura. A: goma guar e inulina, B: goma arábica e inulina, C: goma arábica e goma guar.	106
Figura 31- Gráfico da análise da superfície de resposta para a variável overrun nas formulações de sorvete com PM, FCML e substitutos de gordura. A: goma guar e inulina, B: goma arábica e inulina, C: goma arábica e goma guar.	109
Figura 32- Gráfico da análise para a variável dureza nas formulações de sorvete com PM, FCML e substitutos de gordura.	111
Figura 33- Gráfico da análise da superfície de resposta para a variável elasticidade nas formulações de sorvete com PM, FCML e substitutos de gordura. A: goma guar e inulina, B: goma arábica e inulina, C: goma arábica e goma guar.	112
Figura 34- Gráfico da análise da superfície de resposta para a variável gomosidade nas formulações de sorvete com PM, FCML e substitutos de gordura.	113
Figura 35- Micrografia dos sorvetes.....	118
Figura 36- Curvas TDS.	120
Figura 37- Gráfico de Correspondência entre as amostras de sorvete A, B e C e atributos coletados no teste CATA.....	122
Figura 38- Mapa de Preferência Interno para as Amostras de Sorvete A, B e C.	126

RESUMO

LEITE, C. X. S. **Propriedades fitoquímicas de casca de manga (*Mangifera indica* L.) liofilizada e aplicação em sorvete.** Itapetinga, BA. UESB, 2019. 153p. Tese. (Doutorado em Engenharia e Ciência de Alimentos, Área de concentração em Ciência de Alimentos).*

Objetivou-se com o presente estudo produzir e caracterizar a farinha de casca de manga liofilizada (FCML) e avaliar sua aplicação, como fonte de fitoquímicos bioativos, em formulações de sorvete com reduzido teor de gordura, otimizadas por metodologia de superfície de resposta. Realizou-se as análises químicas e físico-químicas da polpa, da casca in natura e da FCML. A partir da farinha obtida, determinou-se os principais fitoquímicos bioativos, a capacidade antioxidante, a investigação de antinutrientes, resíduos de pesticidas e as análises microbiológicas. Para otimizar as concentrações de polpa e de FCML empregada nas formulações de sorvetes, utilizou-se o Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR), totalizando 13 ensaios, com a finalidade de obter sorvetes com propriedades desejáveis de textura, derretimento, *overrun*, cor e capacidade antioxidante. Sequencialmente selecionou-se a formulação de sorvete com as referidas propriedades. Sendo esta analisada por outro DCCR, com a finalidade de avaliar a influência da adição de substitutos de gordura (inulina, goma guar e goma arábica), sobre as propriedades de textura, derretimento e *overrun*, totalizando 19 ensaios. Realizou-se as análises de microscopia óptica e avaliação sensorial apenas para a melhor formulação selecionada através do DCCR. Constata-se que a FCML obtida é uma boa fonte de constituintes fenólicos totais, flavonoides totais e carotenoides totais. Ademais, possui expressiva capacidade antioxidante, avaliada pelos ensaios do sistema β -caroteno e ácido linoleico, ABTS⁺⁺ e pelo poder redutor, sendo os dois últimos ensaios expressos em CE₅₀. Destaca-se ainda, por ser rica em vitamina C e minerais, tais como potássio, cálcio, magnésio e fósforo. Além de possuir níveis seguros de antinutrientes, resíduos de pesticidas e microbiológicos. As formulações de sorvetes produzidas com a polpa e a FCML apresenta altos níveis de fenólicos totais, e destacada capacidade antioxidante avaliadas pelos mesmos ensaios realizados na FCML. Em conformidade com os resultados obtidos através do DCCR, a formulação de sorvete que apresenta as melhores propriedades contém 10,83% de polpa e 4,75% de FCML. A adição dos substitutos de gordura no sorvete resulta um aumento substancial no *overrun* nas formulações, variando de 40 a 160%. Sendo a formulação com 3% de inulina, 0,1% de goma guar e 0,3%

*Orientador: Marcondes Viana da Silva, DSc., UESB.

de goma arábica a melhor combinação. Os referidos hidrocoloides, substituíram de forma positiva a sensação de cremosidade peculiar da gordura no sorvete. A formulação de sorvete otimizada não apresenta altos escores em relação à aceitação sensorial. Entretanto, o uso de hidrocoloides favorece a cremosidade, além de prolongar sua percepção nesta propriedade, o que é altamente associada a um sorvete de boa qualidade. Portanto, é possível a utilização integral de frutos de manga em formulação de sorvete com reduzido teor de gordura, encorajando a utilização de ingredientes não convencionais pela indústria de sorvetes.

PALAVRAS CHAVE

Coproducto; fitoquímicos bioativos; gelado comestível; substitutos de gordura; análise sensorial.

ABSTRACT

LEITE, C. X. S. **Phytochemical properties of lyophilized mango peel (*Mangifera indica* L.) and ice cream application.** Itapetinga, BA. UESB, 2019. 153p. Thesis. (Doctorate in Food Engineering and Science, Concentration Area in Food Science).*

The aim of this work was to produce and characterize lyophilized mango peel flour (LMPF) and evaluate its application as a source of bioactive phytochemicals in ice cream formulations with reduced fat content, optimized by the response surface method. It was carried out as chemical and physical-chemical analyzes of the pulp, fresh peel and LMPF. From the obtained flour, the main bioactive phytochemicals, antioxidant capacity, antinutrient investigation, pesticide residues and microbiological analyzes were determined. To optimize the concentration of pulp and LMPF used in ice cream formulations, the Central Composite Rotatable Design (CCRD) was used, totaling 13 tests, in order to obtain ice cream with desirable properties of texture, melting, overrun, color and antioxidant capacity. Sequentially the ice cream formulation with these properties was selected. This was analyzed by another CCRD, with the purpose of evaluating the influence of the addition of fat substitutes (inulin, guar gum and arabic gum), on the texture, melting and overrun properties, totaling 19 tests. Optical microscopy and sensory evaluation were performed only for the best formulation selected by CCRD. It appears that LMPF obtained is a good source of total phenolic constituents, total flavonoids and total carotenoids. In addition, it has an outstanding antioxidant capacity, assessed by tests of the β -carotene and linoleic acid system, ABTS⁺ and by the reducing power, the last two tests being expressed in EC₅₀. It also stands out, for being rich in vitamin C and minerals, such as potassium, calcium, magnesium and phosphorus. In addition to having safe levels of antinutrients, pesticide and microbiological residues. The ice cream formulations produced with the pulp and LMPF show high levels of total phenolics, and outstanding antioxidant capacity evaluated by the same tests performed at LMPF. According with the results obtained by CCRD design, the ice cream formulation that has the best properties contains 10.83% pulp and 4.75% LMPF. The addition of fat substitutes to the ice cream results in a substantial increase in overrun in the formulations, ranging from 40 to 160%. The formulation with 3% inulin, 0.1% guar gum and 0.3% arabic gum is the best combination. These hydrocolloids positively replaced the peculiar creamy feeling of fat in ice cream. The optimized ice cream formulation does not have high scores in relation to sensory acceptance. However, the use of hydrocolloids favors creaminess, in addition to prolonging its

*Advisor: Marcondes Viana da Silva, DSc., UESB. Co-advisor: Leandro Soares Santos, DSc., UESB. Co-advisor: Suzana Caetano da Silva Lannes, DSc., USP.

perception in this property, which is highly associated with good quality ice cream. Therefore, it is possible to fully use mango fruits in the formulation of low fat ice cream, encouraging the use of unconventional ingredients by the ice cream industry.

KEY WORDS

By-product; bioactive phytochemicals; ice cream; fat replacers; sensory analysis.

1. INTRODUÇÃO

A sustentabilidade oferece oportunidades e desafios crescentes para a indústria de alimentos. Como oportunidade, permite o uso de subprodutos do processamento de alimentos para extração de compostos bioativos e nutrientes, o que possibilita a redução de resíduos e geração de renda indireta. O desafio é intensificar, de maneira sustentável, o sistema global da produção de alimentos nutricionalmente seguros em equilíbrio com o meio ambiente. Ademais, empregar o conceito de alimentos funcionais sustentáveis em produtos ou ingredientes comercializáveis (IRIONDO-DEHOND, MIGUEL e CASTILLO, 2018).

O Brasil produziu aproximadamente 550 mil toneladas de frutas tropicais no ano de 2017 (FAO, 2019). A ampla variedade de espécies produzidas em todas as regiões do país, o incremento da produtividade e as formas de apresentação e de industrialização colocam as frutas em evidência no agronegócio. A manga (*Mangifera indica* L.) apresenta alto consumo e popularidade. Destaca-se pelas suas inigualáveis propriedades sensoriais, além de apresentar alto conteúdo de fitoquímicos bioativos, como ácido ascórbico, carotenoides e compostos fenólicos. Estes compostos estão relacionados com propriedades promotoras da saúde, tais como, propriedades antioxidantes, anticarcinogênicas, antiateroscleróticas, antimutagênicas e angiogênicas (REETZ et al., 2015; GOMEZ-CARAVACA et al., 2016).

O processamento de frutas tropicais e subtropicais gera grandes quantidades de subprodutos. A manga é usada principalmente para a elaboração de néctar e sucos, e de fato, seu processamento produz cerca de 35 a 60% de resíduos, constituídos de cascas e sementes. Esses subprodutos foram relatados com grande capacidade antioxidante, atribuída, principalmente, aos compostos fenólicos. Assim, a casca de manga, apresenta-se como uma fonte natural e potencialmente promissora de antioxidante. Torna-se relevante investigar sua capacidade antioxidante frente à perspectiva de utilizá-la como fonte de antioxidante natural como ingrediente em sorvete (ALMEIDA et al., 2001; GENU e PINTO, 2002; GOMEZ-CARAVACA et al., 2016; RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ et al., 2017).

O sorvete é um produto lácteo altamente palatável, nutritivo e comercialmente importante. É um acompanhamento valioso para a dieta normal em todas as faixas etárias. A indústria de alimentos tem aumentado seu interesse na produção de sorvetes devido à sua popularidade, maior margem de lucro e longa vida útil em comparação com outros produtos lácteos. Na sua fabricação, a mistura de ingredientes é homogeneizada e posteriormente pasteurizada, e sequencialmente ocorre a maturação a baixa temperatura, incorporação de ar e, finalmente, congelamento (PATIL et al., 2017).

Verifica-se uma preocupação crescente com o efeito da dieta na saúde e na qualidade de vida. O que reflete em grande parte na indústria de sorvetes, principalmente sobre o aspecto da substituição e/ou redução do teor de gordura, açúcares e corantes artificiais. Novas tecnologias e processos apontam para reformulação de produtos, com incremento de substâncias que provêm benefícios adicionais à saúde e subtração daqueles de menor interesse. Com relação à redução do teor de gordura, essa tem sido uma temática que tem despertado o interesse dos consumidores, tendo em vista a associação, por parte destes, da redução do teor de gordura com a redução ao risco de doenças crônicas, como obesidade e doenças coronárias. O conteúdo de gordura é um parâmetro de grande importância para a textura e a qualidade do sorvete. Para melhorar as qualidades sensoriais dos sorvetes com reduzido teor de gordura, têm sido utilizados vários tipos de substitutos de gordura. Assim, uma variedade de biomoléculas, como carboidratos e proteínas, vem sendo testados como substitutos de gordura (PATIL e BANERJEE, 2017).

A adição de ingredientes não convencionais em sorvetes é uma tendência em expansão. Com o intuito de torná-lo mais nutritivo e funcional. Aqui destacamos algumas dessas investigações: Temiz e Yesilsu (2010) examinam os efeitos das uvas e da amoreira pekmez nas propriedades físicas, químicas e sensoriais em amostras de sorvete. Agrawal et al. (2015) observaram o efeito da variação do suco de gengibre, como aromatizante, em algumas propriedades físicas e sensoriais do sorvete. Javidi et al. (2016) avaliaram os efeitos da goma guar, goma de manjerição e sua mistura (50:50) nas propriedades reológicas, texturais, físicas e sensoriais do sorvete de baunilha com baixo teor de gordura. Patil et al. (2017) avaliaram as características físico-químicas de sorvetes produzidos com extrato de folhas de menta.

Assim sendo, a produção de sorvete, utilizando polpa e farinha de casca de manga liofilizada, surge como alternativa inovadora, ainda não explorada pela indústria de sorvetes, como alternativa para minimizar as perdas da cadeia processadora de frutas. Além de apresentar características físico-químicas e sensoriais compatíveis com o perfil de consumidores mais conscientes e exigentes.

Neste contexto, desenvolveu-se formulações de sorvete elaborado com polpa de manga; adicionado de farinha da casca de manga liofilizada como fonte de antioxidantes; e utilizando inulina, goma guar e goma arábica, em diferentes concentrações, como substitutos de gordura. Assim, abre-se um amplo campo de investigação com possibilidades de aproveitamento integral de frutas na indústria de sorvetes, o que favorecerá o estímulo do seu consumo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Aproveitamento integral de alimentos

No âmbito mundial, entre um quarto e um terço dos alimentos produzidos anualmente para o consumo humano se perde ou é desperdiçado. Isso equivale a cerca de 1.300 bilhões toneladas de alimentos, a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) estima que esses alimentos seriam suficientes para alimentar dois bilhões de pessoas (FAO, 2019).

As perdas se referem à diminuição da massa disponível de alimentos para o consumo humano nas fases de produção, pós-colheita, armazenamento e transporte. O desperdício de alimentos está relacionado com as perdas derivadas da decisão de descartar alimentos que ainda têm valor e se associa, principalmente, ao comportamento dos comerciantes, serviços de alimentação e consumidores.

A FAO (2019) estima que 6% das perdas mundiais de alimentos se dão na América Latina e no Caribe e a cada ano a região perde e/ou desperdiça cerca de 15% dos alimentos disponíveis. No Brasil, a fome afeta a 14 milhões de pessoas. O país desperdiça 22 bilhões de calorias, o que seria suficiente para satisfazer as necessidades nutricionais de 11 milhões de pessoas e permitiria reduzir a fome em níveis inferiores de 5%.

As perdas e desperdícios têm grande impacto na sustentabilidade dos sistemas alimentares, reduzem a disponibilidade local e mundial de alimentos, geram menores recursos para os produtores e aumentam os preços para os consumidores. Além disso, tem um efeito negativo sobre o meio ambiente devido à utilização não sustentável dos recursos naturais. O aproveitamento integral dos alimentos é uma alternativa capaz de reduzir estas questões, além de propiciar às pessoas um melhor consumo nutricional (LAURINDO e RIBEIRO, 2014; FAO, 2019).

Apesar de ser considerado um dos principais produtores de alimentos, o Brasil ainda enfrenta a realidade do desperdício em todas as etapas da cadeia produtiva. As perdas ocorrem desde a colheita, passam pelas etapas de transporte, industrialização e preparo de alimentos nas residências dos consumidores, sendo 10% do desperdício, o qual é gerado pelo processamento culinário inadequado e por maus hábitos alimentares (DAMIANI e RORIZ, 2016).

As indústrias de processamento de frutas contribuem com mais de 0,5 bilhões de toneladas de resíduos em todo o mundo. A disponibilidade global dessa matéria-prima e seu potencial inexplorado incentivaram os pesquisadores a realizar estudos detalhados sobre o

potencial de agregação de valor dos resíduos do processamento de frutas. Comparado a alimentos em geral ou outros resíduos derivados de biomassa, os coprodutos de frutas são seletivos e concentrados na natureza. As cascas, as frações de bagaço e sementes podem ser uma boa matéria-prima para a recuperação de compostos bioativos, como pectina, lipídios, flavonoides, fibras alimentares, e dentre outros (BANERJEE et al., 2017).

Como tal, a indústria de suco de manga usa apenas a polpa destas mangas, e uma quantidade considerável de cascas e sementes são descartadas como resíduos industriais. Esses subprodutos de manga provêm das indústrias de processamento de frutas tropicais ou subtropicais. Os subprodutos da manga, especialmente sementes e cascas, são considerados fontes baratas de valiosos ingredientes alimentares e nutracêuticos (JAHURUL et al., 2015).

A literatura sobre o aproveitamento e utilização dos coprodutos de frutas em diferentes produtos é diversa. Jridi et al. (2015) avaliaram o uso de xaropes e pós obtidos do subproduto de três variedades de tâmaras da Tunísia, comprovando assim, seu uso eficiente como aditivos inovadores e atraentes no processamento de sobremesas lácteas. Além de seu efeito adoçante, os subprodutos serviram como uma boa fonte de corantes e aromatizantes naturais. Considerados ricos em fibra alimentar e polissacarídeos, desempenharam um papel de estabilizador físico envolvido na manutenção da textura do produto, melhorando a palatabilidade, viscosidade e sinerese. Graças ao seu alto conteúdo em compostos fenólicos, os subprodutos melhoraram consideravelmente as atividades antioxidantes das sobremesas formuladas.

Rizk, El-Kady e El-Bialy (2014) avaliaram o extrato obtido da casca de tomate quanto a composição de carotenoides, sua estabilidade em diferentes valores de pH e temperatura. Verificaram ainda, as propriedades físico-químicas e avaliação sensorial de sorvetes adicionados com os extratos obtidos. Nove pigmentos de cascas de tomate foram identificados por HPLC. Os principais componentes foram licopeno, fitoeno, fitoflueno, β -caroteno, cis-licopeno e luteína. A maior estabilidade dos carotenoides foi observada em pH alcalino (7 a 10) e temperatura variando de 40 a 70 °C. A suplementação do sorvete com o extrato aumentou sua capacidade antioxidante proporcionalmente à adição de extrato. Por outro lado, a avaliação sensorial dos sorvetes preparados indicou que aqueles contendo 3% e 2% de carotenoides extraídos de cascas de tomate tiveram as maiores pontuações em sabor, corpo e textura, derretimento e cor.

A qualidade de geléias formuladas com níveis de zero, 25; 50; 75 e 100% de casca em substituição à polpa de manga (*Mangifera indica* L. cv. "Haden") foi avaliada em estudo realizado por Damiani et al. (2008). Os critérios de qualidade utilizados foram cor, consistência, aceitabilidade sensorial (aparência, aroma e sabor), além das características

microbiológicas dos diferentes tratamentos. O estudo apresentou boa aceitação por parte dos consumidores e as características microbiológicas mantiveram-se dentro dos padrões estabelecidos pela legislação brasileira.

Cazarin et al. (2014) avaliaram a composição centesimal da farinha obtida da casca do maracujá e sua capacidade antioxidante in vitro, buscando viabilizar suas potencialidades para incorporação em produtos alimentares. Os resultados obtidos no estudo demonstraram que a casca do maracujá poderia ser utilizada como fonte de fibras e antioxidantes.

2.2 Manga (*Mangifera indica* L.): caracterização química e aproveitamento da casca

A mangueira (*Mangifera indica* L.) originária do sudeste asiático, pertence à família Anacardiácea, o gênero *Mangifera* são conhecidas mais de 50 espécies (JAHURUL et al., 2015). Essa frutífera possui porte médio a alto (10 a 30 m), com copa de formato arredondada ou globosa, compacta ou aberta. As folhas são lanceoladas, coriáceas, com pedúnculo curto e coloração podendo apresentar-se de cor verde clara, amarronzada ou arroxeada na fase jovem, e verde escura na fase madura. Uma mangueira adulta em pleno florescimento pode ter milhões de flores, mas apenas uma porcentagem mínima chega a originar frutos (SILVA et al., 2018).

De acordo com Cunha et al. (1994) e Silva et al. (2018), os frutos da mangueira são drupas com tamanho, forma, peso e coloração da casca bastante variável, dependendo da variedade, é um fruto classificado como climatérico cuja maturação pode ocorrer de três a oito dias. A casca é coriácea e a polpa pode apresentar vários tons de amarelo, com quantidade de fibras variável. De maneira geral os frutos se dividem em dois grupos distintos: o grupo indiano, que apresenta frutos monoembriônicos, fortemente aromáticos, de coloração atraente e susceptíveis à antracnose; e o grupo indochinês, com frutos poliembriônicos, caroços longos e achatados, pouco aromáticos, geralmente amarelados e medianamente resistentes à antracnose.

A manga é constituída principalmente de água, carboidratos, ácidos orgânicos, sais minerais, proteínas, vitaminas e pigmentos (Tabela 1).

A manga continua sendo a fruta que o Brasil mais exporta. Em 2017, houve recorde nos embarques, tanto em volume, com cerca de 179 mil toneladas, quanto em receita, superior a US\$ 205 milhões. Os maiores compradores são a União Europeia (132.820 toneladas, com receita de US\$ 157,2 milhões) e os Estados Unidos (33.095 toneladas e receita de US\$ 30,6 milhões). Um dos fatores que possivelmente contribui com esse cenário e diferencia o Brasil de outras nações produtoras é o fato deste conseguir produzir o ano inteiro. Embora seja

produzida em todo o território nacional, a manga concentra sua produção em especial no Nordeste. A Bahia destaca-se como o maior estado produtor, com 21.370 hectares de área colhida da fruta e volume de 353.689 toneladas. Em 2016 o valor da produção da manga baiana atingiu R\$ 233,159 milhões (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2018).

Tabela 1- Composição química da manga.

Composição Química	g.100 g⁻¹
Água	81,6 g
Caloria	67 a 73 kcal
Energia	60 kcal
Umidade	82,11 g
Proteínas	0,44 g
Pectina	0,96 a 3,06 g
Lipídeos totais	0,61 g
Carboidratos totais	16,50 g
Cálcio	10 a 34 mg
Vitamina C	27,7 mg
Vitamina A	160 a 4.800 U.I.
Cinzas	0,34 g
Fibra alimentar total	3,28 g
Sódio	7,0 a 23,1 mg
Magnésio	18 mg

Fonte: Manica, 2001.

A variedade Tommy Atkins é a mais produzida no Brasil. Representa aproximadamente, 80% da área cultivada e corresponde a 90% das exportações da fruta no Brasil. O fruto possui peso médio de 460 g, casca espessa e formato oval. A polpa apresenta coloração laranja-amarela e casca vermelho-púrpura intensa, de consistência firme, succulenta, com teor médio de fibra. Caracteriza-se por ser resistente a danos mecânicos, amadurece bem, se colhida imatura e apresenta alta produtividade e boa vida de prateleira. Ademais, é rica em vitaminas A e C, além de conter niacina e tiamina, e sais minerais como fósforo (FURLANETO et al., 2015).

Além do consumo in natura, as mangas são processadas em vários produtos congelados, enlatados, desidratados, concentrados e secos, preparados principalmente a partir de polpa. Sucos, purê, néctar, picles, chutney, geleia, fatias, pó e bebidas prontas para servir são alguns exemplos de produtos de manga com uma demanda considerável que está aumentando, tanto no mercado interno quanto no de exportação. Além do consumo direto ou processamento industrial de polpa de manga, quantidades significativas de resíduos principalmente sob a forma de casca e sementes são gerados (ASIF et al., 2016).

Assim, cascas de manga são consideradas subprodutos do processamento industrial ou do consumo da fruta. Estas cascas compõem aproximadamente 7-24% de seu peso total. Recentemente, as cascas de manga atraíram considerável atenção da comunidade científica devido ao alto conteúdo de compostos bioativos, como polifenóis, carotenoides, enzimas, vitamina E e vitamina C, que têm propriedades funcionais e antioxidantes predominantes. Ademais, são ricas em fibra alimentar, podendo ser utilizadas para a produção de ingredientes funcionais para várias aplicações alimentares (AZIZ et al., 2012; SOGI et al., 2013; JAHURUL et al., 2015).

Marques e colaboradores (2010) determinaram a composição centesimal (Tabela 2) e o perfil de minerais (Tabela 3) e metais pesados da casca e da polpa de manga cv. Tommy Atkins (Tabela 4). O perfil de minerais da casca revelou que as concentrações desses elementos foram superiores aos encontrados na polpa, exceto para zinco e ferro. As baixas concentrações de metais pesados presentes na casca possibilitam a sua utilização na alimentação humana. Os autores então verificaram a possibilidade da utilização da casca visando à contribuição para a melhora do estado nutricional da população e a redução dos resíduos do processo industrial.

Melo e Araújo (2011) avaliaram o potencial antioxidante de extratos dos resíduos de mangas das variedades Espada, Rosa e Tommy Atkins. Extratos hidroacetônico, hidrometanólico e aquoso, obtidos por processo de extração sequencial a partir da polpa fresca e do resíduo desidratado foram submetidos à determinação da capacidade de sequestro do radical DPPH. A manga Espada e a Tommy Atkins apresentaram teor de carotenoides totais semelhante entre si, porém inferior ao da manga Rosa. A manga Tommy Atkins exibiu o menor teor de ácido ascórbico e a Espada o maior teor de fenólicos totais. O extrato hidroacetônico da polpa e do resíduo exibiu uma forte capacidade de sequestro (superior a 80%).

A composição química, os constituintes bioativos e as propriedades funcionais das cascas e polpa de manga verde e madura (var. Chokanan) foram avaliadas por Aziz et al. (2012). As farinhas de manga apresentaram teores elevados de fibras, gordura e cinzas, além

de exibirem altos valores para compostos bioativos/antioxidantes. A capacidade de absorção de água e a capacidade de absorção de óleo das farinhas de manga variaram de 0,36 a 0,87 g kg⁻¹ e de 0,18 a 0,22 g kg⁻¹, respectivamente.

Tabela 2- Composição centesimal da casca e da polpa de manga (g.100g⁻¹).

Componentes	Casca da manga*	Polpa da manga*
Umidade	78,70±0,45	82,11±0,21
Resíduo mineral fixo	0,99±0,05	0,34±0,06
Lipídeos	0,18±0,01	0,61±0,03
Proteínas	1,24±0,11	0,44±0,08
Açúcares redutores	0,55±0,02	4,13±0,12
Açúcares não redutores	1,69±0,04	8,94±0,17
Amido	0,19±0,13	0,15±0,16
Fibra alimentar total (FAT)	11,02±0,07	3,28±0,28
Carboidratos totais	12,89	16,5

*Média ±Desvio-Padrão

Tabela 3- Teor de minerais da casca e da polpa de manga Tommy (mg.100g⁻¹).

Componentes	Magnésio	Fósforo	Ferro	Sódio	Potássio	Zinco	Cálcio
Casca*	22,38	17,53	Tr	37,47	176,05	Tr	74,06
Polpa*	7	14	0,1	Tr	138	0,1	8

*Média aritmética

Tr - Traços

Tabela 4- Teor de metais pesados da casca e da polpa de manga Tommy (mg.100g⁻¹).

Componentes	Chumbo	Cobre	Vanádio	Cobalto	Níquel	Manganês
Casca*	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Polpa*	-	0,6	-	-	-	0,34

*Média aritmética

Dorta et al. (2014) avaliaram nove extratos fenólicos de cascas e sementes de três variedades de manga (Keitt, Sensation e Gomera) cultivadas nas Ilhas Canárias (Espanha) e obtidas por três diferentes sistemas de extração, utilizando HPLC-ESI-QTOF-MS. Este método permitiu a separação e identificação de 30 compostos fenólicos, incluindo galatos, galatonas, flavonoides, xantonas, benzofenonas, ácido gálico e derivados. Concluindo, assim,

que esses subprodutos (cascas e sementes) em pó podem ser utilizados como ingredientes bioativos para a indústria de alimentos.

Garcia-Mendoza et al. (2015) avaliaram os extratos do resíduo da casca de manga obtidos através da extração com CO₂ supercrítico, seguido de etanol pressurizado do resíduo do primeiro estágio. Os extratos obtidos foram avaliados pelo método espectrofotométrico em termos de teor de carotenoides, fenólicos totais, flavonoides e capacidade antioxidante pelo método DPPH. Os resultados demonstraram que a combinação de métodos de extração permitiu a recuperação de compostos bioativos, os quais mostraram uma importante capacidade antioxidante, além de sugerir o uso potencial desse resíduo nas indústrias, alimentícia, nutracêutica e farmacêutica.

Ramirez-Manganda et al. (2015) avaliaram bolinhos do tipo 'muffin' com a farinha de trigo e açúcar parcialmente substituídos (50 e 75%) pelo subproduto de processamento de manga como um ingrediente alimentar de valor agregado em muffins. Análise sensorial, composição química, capacidade antioxidante e propriedades de hidrólise do amido in vitro foram estudadas. O muffin com 75% de substituição apresentou maior aceitação entre os consumidores que o muffin controle. A análise centesimal revelou que muffins com substituição apresentaram maiores teores de umidade, cinza, frações solúvel, insolúvel e total indigestíveis, porém menos carboidratos solúveis totais e teores de amido disponível do que o controle. O teor de polifenol solúvel total aumentou cerca de três vezes e as melhores propriedades antioxidantes foram observadas com a substituição. Os ácidos clorogênico, cafeico, gálico, hidroxicinâmico e ferúlico foram identificados nas amostras com substituição (RAMÍREZ-MANGANDA et al., 2015).

Um processo hidrotérmico para extrair a pectina de cascas de manga foi avaliado por Banerjee et al. (2018). Produções elevadas de pectina (15,7%; 27,2%) foram obtidas de duas cultivares de manga, Calypso e Totapuri. As características físico-químicas, o grau de esterificação (77-89%), massas molares (49,742-49,862 Da), FTIR e testes de geleificação foram determinados. O licor usado foi hidrolisado para recuperar os polifenóis e açúcares específicos. Os polifenóis no líquido hidrolisado foram quantificados como ácido gálico (525,1-1405,6 mg.L⁻¹), mangiferina (7,8-162,2 mg.L⁻¹), quercetina (40,6-49,2 mg.L⁻¹) e ácido elágico (38,8-69,3 mg.L⁻¹). O resíduo sólido obtido como um co-produto após a extração de pectina foi considerado rico em celulose (38%) e lignina (16%). Foi demonstrado que as cascas de manga podem ser uma promissora fonte não convencional para a recuperação da pectina de qualidade alimentar.

Em estudos realizados por Rodriguez-Gonzales et al. (2017) determinou-se a composição nutracêutica do subproduto da manga (cascas e resíduos da polpa) e avaliaram os

mecanismos relacionados às suas propriedades antidiabéticas. Constataram que a redução da glicose sérica em ratos diabéticos induzidos por estreptozotocina, o que não foi associado à diminuição da absorção intestinal de glicose ou à proteção de ilhotas de Langerhans. O extrato conferiu efeitos miméticos de insulina em células adipócitas 3T3-L1, aumentando a expressão de Glut4, Irs1 e Pi3k. Verificou-se também a redução dos triacilglicerídeos séricos em ratos diabéticos, o que foi associado a uma diminuição da absorção intestinal lipídica e melhora na nefropatia diabética devido à capacidade antioxidante renal do extrato. Seu efeito antidiabético foi associado ao alto conteúdo de fibras solúveis, além de vários polifenóis e carotenoides, como ácido elágico ($13524,13 \pm 363,6 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), ácido gálico ($3157,69 \pm 27,22 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), quercetina ($960,61 \pm 37,72 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), epicatequina galato ($1,09 \pm 0,26 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) e β -caroteno ($17,56 \pm 0,01 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$). Portanto, esses resultados sugeriram que o subproduto da manga pode ser utilizado como suplemento funcional para o tratamento do diabetes.

Sánchez-Camargo et al. (2019) otimizaram os parâmetros operacionais da extração de carotenoides por CO₂ supercrítico a partir de cascas de manga por meio do modelo Box-Behnken. A casca de manga foi caracterizada em relação a sua composição química, e os efeitos da liofilização e secagem ao ar no teor total de carotenoides foram investigados. O perfil de carotenoides do extrato foi caracterizado por RP-UHPLC-DAD. O referido extrato foi avaliado como antioxidante natural em óleo de girassol, utilizando o método Rancimat®. A casca de manga apresentou alto conteúdo de proteína bruta e compostos fenólicos (1,9 mg de all-trans- β -caroteno equivalente por g de amostra seca). Embora a liofilização tenha impedido a degradação do β -caroteno, a secagem ao ar foi selecionada por estratégia de valorização. Os maiores rendimentos de carotenoides foram encontrados a 25,0 MPa, 60 °C e 15% p.p⁻¹ de etanol. Nestas condições, os extratos protegeram o óleo de girassol contra a oxidação lipídica, o que poderia ser considerado como uma alternativa interessante para a valorização da casca de manga, como co-produto.

2.2.1 Antinutrientes, hemólise e resíduos de pesticidas

A casca da manga é um produto de consumo não convencional. Subprodutos agroindustriais são comumente desprezados por não serem normalmente aceitos como alimento, mesmo sendo nutricionalmente válidos. Apesar de a manga ser uma das frutas de maior consumo no Brasil, para utilização da farinha obtida de sua casca como fonte alternativa de nutrientes, é necessário o conhecimento da presença de antinutrientes e/ou tóxicos que possam interferir na biodisponibilidade e digestibilidade de alguns nutrientes.

O termo "antinutrientes" tem sido usado para descrever compostos ou classes de compostos presentes numa extensa variedade de alimentos de origem vegetal, que quando consumidos, reduzem a biodisponibilidade de nutrientes e, conseqüentemente, o valor nutritivo dos alimentos (BENEVIDES et al., 2011). Exemplos de antinutrientes que podem estar presentes nos frutos de manga são taninos, fitatos, saponinas, oxalato e dentre outros (UMEObIKA, NWALI e EKWUEMW, 2015).

As hemaglutininas, também denominadas lectinas, são glicoproteínas que têm a propriedade específica de se ligar a certos carboidratos. São conhecidas por sua habilidade em aglutinar células, especialmente células vermelhas sanguíneas chamadas de eritrócitos, provocando o fenômeno da hemaglutinação (REYNOSO-CAMACHO et al., 2003).

As hemaglutininas podem provocar efeitos degenerativos nas membranas celulares, dificultar a ação de enzimas digestivas e assim afetar a absorção de nutrientes, bem como interferir na eficácia do transporte de oxigênio para o organismo devido à aglutinação de células sanguíneas (PEREIRA et al., 2008; NAVES, et al., 2010).

Os eritrócitos têm sido utilizados como indicadores para avaliar o efeito protetor ou tóxico de uma grande variedade de substâncias permitindo obter informação sobre os efeitos destas sobre a membrana celular. A ocorrência de hemólise após a exposição ao produto teste pode ser diretamente correlacionada com a sua citotoxicidade e utilizada como o primeiro passo na triagem toxicológica in vitro (SCHIAI et al., 2007; YAMAGUCHI et al., 2013). O eritrócito é um tipo de célula que contém alta concentração de ácidos graxos poli-insaturados, oxigênio molecular e íons ferro no estado ligado (NIKI et al., 1991). Por esta razão, espera-se que eles sejam altamente vulneráveis a reações que envolvem radicais livres e podem ser muito suscetíveis a peroxidação dos lipídios de membrana e hemólise (REDDY et al., 2007).

A hemólise refere-se à lise ou ruptura das membranas das hemácias permitindo a liberação da hemoglobina para o plasma, tendo como consequência a hemoglobinemia. A quantidade de hemoglobina livre no plasma depende da capacidade e da velocidade de remoção do pigmento pelo organismo de cada indivíduo, sendo fisiológica a quantidade de 6 mg.100⁻¹ g. Quando este valor supera 100 mg.100⁻¹ g a hemoglobina passa a ser filtrada pelos rins e quando excessivamente alto (superiores a 3.000 mg.100⁻¹ g), pode promover lesão renal (CARVALHO et al., 2007; KALEGARI et al., 2011; PAULA et. al, 2014).

Substâncias ou misturas de substâncias usadas para prevenir, destruir ou controlar qualquer tipo de praga são consideradas pesticidas. Seu uso na agricultura é necessário para garantir o suprimento mundial de alimentos. No entanto, o uso excessivo desses compostos, combinado à falta de aplicação de boas práticas agrícolas, pode gerar resíduos nos produtos

finais, causando potenciais riscos à saúde dos consumidores devido à sua alta toxicidade (ALCANTARA et al., 2019).

Nesse sentido, o monitoramento de resíduos de pesticidas nos alimentos é importante para estimar o risco à exposição humana e supervisionar as ações de boas práticas agrícolas, que garantem que os alimentos estejam dentro dos limites considerados seguros para a saúde pública (MARTINS et al., 2018).

No Brasil, o Programa de Análise de Resíduos de Pesticidas (PARA), coordenado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), monitora periodicamente várias culturas para investigar a presença de resíduos de pesticidas, a fim de verificar se os alimentos disponíveis para a população atendem aos Limites Máximos de Resíduos (LMRs) e também se o pesticida usado está autorizado para essa cultura em particular (ALCANTARA et al., 2019).

O LMR é definido pela legislação como a quantidade máxima de resíduo de agrotóxico ou afim oficialmente aceita no alimento, em decorrência da aplicação adequada numa fase específica, desde sua produção até o consumo, expressa mg.kg^{-1} (BRASIL, 2003). No Brasil os LMR dos ingredientes ativos são estabelecidos pela ANVISA, durante o processo de registro do produto.

No âmbito internacional, os LMR são estabelecidos pelo Codex Alimentarius, por meio do Comitê de Resíduos de Pesticidas (CCPR – Codex Committee on Pesticide Residues), tendo como base as recomendações do Grupo de Peritos em Resíduos de Pesticidas da Organização para Agricultura e Alimentação das Nações Unidas (FAO) e da Organização Mundial de Saúde (OMS) (JMPPR – Joint Meeting on Pesticide Residues). Essas recomendações são elaboradas a partir dos resultados dos estudos supervisionados de campo conduzidos em vários países e, em princípio, cobre o uso em qualquer país.

Através da RDC nº 294, de 29 de julho de 2019, a ANVISA aprovou um novo marco regulatório para agrotóxicos, medida que atualiza e torna mais claros os critérios de avaliação e de classificação toxicológica dos produtos no Brasil. Também estabelece mudanças importantes na rotulagem, com a adoção do uso de informações, palavras de alerta e imagens (pictogramas) que facilitam a identificação de perigos à vida e à saúde humana (BRASIL, 2019).

As mudanças foram propostas com base nos padrões do Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos (Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals – GHS), consolidando a convergência regulatória internacional nessa área. Com isso, o Brasil passará a ter regras harmonizadas com

as de países da União Europeia e da Ásia, entre outros, fortalecendo a comercialização de produtos nacionais no exterior (ANVISA, 2019).

As novas regras trarão mais segurança para o mercado consumidor porque facilitam a identificação do perigo de uso. Para isso, foram ampliadas de quatro para cinco as categorias da classificação toxicológica, além da inclusão do item “não classificado”, válido para produtos de baixíssimo potencial de dano, por exemplo, os produtos de origem biológica. Uma cartela de cores ajudará ainda mais na identificação dos riscos (ANVISA, 2019).

Por isso, a classificação em função da toxicidade aguda deverá ser determinada e identificada com os respectivos nomes das categorias e cores no rótulo dos produtos, de acordo com o estabelecido abaixo:

Categoria 1: Produto Extremamente Tóxico – faixa vermelha;

Categoria 2: Produto Altamente Tóxico – faixa vermelha;

Categoria 3: Produto Moderadamente Tóxico – faixa amarela;

Categoria 4: Produto Pouco Tóxico – faixa azul;

Categoria 5: Produto Improvável de Causar Dano Agudo – faixa azul;

Não Classificado – Produto Não Classificado – faixa verde.

A classificação toxicológica de um produto poderá ser determinada com base nos seus componentes, nas suas impurezas ou em outros produtos similares. Para cada categoria, haverá a indicação de danos em caso de contato com a boca (oral), pele (dérmico) e nariz (inalatória) (ANVISA, 2019).

2.3 Fitoquímicos bioativos

Fitoquímicos bioativos são substâncias químicas, não nutrientes, de origem vegetal, metabólitos secundários das plantas, definidas como constituintes bioativos encontrados em frutas, verduras, leguminosas, grãos e outros tecidos vegetais, e que apresentam atividade biológica. Seu consumo, em longo prazo, pode estar associado à redução do risco de doenças crônicas, visto que, várias evidências sugerem os benefícios de fitoquímicos no controle do estresse oxidativo (BAENA, 2015; CHIKARA et al., 2018; ZHAO et al., 2019).

Os fitoquímicos englobam carotenoides (α -caroteno, β -caroteno, β -criptoxantina, luteína, zeaxantina, astaxantina e licopeno); compostos fenólicos: ácidos fenólicos (ácidos hidroxibenzóicos e ácidos hidroxicinâmicos), flavonoides (flavonois, flavonas, flavanois, flavanonas, antocianidinas e isoflavonoides), estibenos, cumarinas e taninos; alcalóides; compostos nitrogenados (derivados da clorofila, aminoácidos e amins) e compostos

organossulfurados (isotiocianatos, indoles e compostos de enxofre alílicos) (BARROS et al., 2017; GANESSINGH, SAHIBDEEN e MAHARAJ, 2018; ZHAO et al., 2019).

Em sistemas biológicos, espécies reativas de oxigênio (EROs) e espécies reativas de nitrogênio (ERNs), associados aos radicais superóxido, hidroxila e óxido nítrico, podem danificar o DNA, resultando na oxidação de lipídios e proteínas celulares. Normalmente, o sistema antioxidante (que ocorre no corpo humano) pode minimizar esses radicais, mantendo a homeostase entre o sistema oxidante e antioxidante. No entanto, a exposição a agentes oxidantes ambientais, tais como: cigarro, álcool, radiação ou toxinas ambientais, induz a produção excessiva de EROs e ERNs, provocando desequilíbrio entre a oxidação e a antioxição podendo resultar em algumas doenças crônicas e degenerativas (XU et al., 2017).

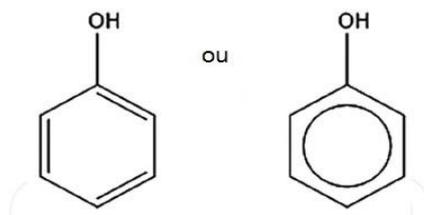
O incremento da ingestão de fitoquímicos, como antioxidantes exógenos, pode melhorar os danos causados pelo estresse oxidativo através da inibição da iniciação ou propagação da reação oxidativa em cadeia, atuando como sequestrantes de radicais livres, inibidores de oxigênio singlete e agentes redutores (XU et al., 2017).

Dentre os frutos, a manga se destaca por apresentar considerável teor de fitoquímicos com reconhecida ação antioxidante e conseqüente efeito benéfico sobre a saúde (RUMAINUM et al., 2018). Vários estudos vêm sendo desenvolvidos com o intuito de identificar e quantificar o teor de polifenóis em mangas de diferentes variedades e sua ação antioxidante, e os dados demonstraram que polifenóis estão presentes tanto na polpa, cascas e no caroço deste fruto (SOONG e BARLOW, 2004; BERARDINI et al., 2005; SOONG e BARLOW, 2006; MELO e ARAÚJO, 2011; ARAÚJO et al., 2014; JAHURUL et al., 2015; RUMAINUM et al., 2018; STAFUSSA et al., 2018).

Os compostos fenólicos, ou polifenóis, são um amplo grupo de metabólitos que se originam do metabolismo secundário das plantas. Eles contêm um ou mais grupos hidroxila ligados a um anel de benzeno e têm um papel importante na defesa contra patógenos de plantas e estressores abióticos.

Este é um dos maiores grupos, devido à sua alta diversidade química. A base de sua estrutura é precisamente um grupo fenol, isto é, uma hidroxila ligada a um anel aromático (Figura 1). Compostos fenólicos são um grupo quimicamente heterogêneo, alguns compostos são solúveis em água, alguns são solúveis em solventes orgânicos, alguns são encontrados como glicosídeos e outros são polímeros grandes e insolúveis. Possuem, ainda, alta capacidade antioxidante (MIGUEL-CHÁVEZ, 2017).

Figura 1- Grupo fenol, estrutura básica dos compostos fenólicos.

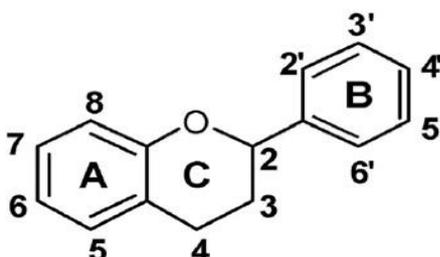


Fonte: Miguel-Chávez, 2017.

A estrutura química desses compostos fenólicos permite que eles atuem como agentes redutores, interrompendo as reações de oxidação doando elétrons ou hidrogênio aos radicais livres, convertendo-os em produtos termodinamicamente estáveis, ou reagindo com o oxigênio singlete ou acoplado com metais, que são iniciadores da oxidação lipídica. A oxidação dos lipídeos ocorre durante o processamento e armazenamento de alimentos, e altera negativamente as características do produto final (ARAÚJO et al., 2014).

Os flavonoides pertencem a uma classe de metabólitos secundários de plantas com estrutura polifenólica, amplamente encontrada em frutas, vegetais e certas bebidas. Possuem baixo peso molecular, e quimicamente, são baseados em um esqueleto de quinze carbonos que consiste em dois anéis de benzeno (A e B, como mostrado na Figura 2) ligados através de um anel de pirano heterocíclico (C). Eles podem ser divididos em uma variedade de classes, como flavonas (por exemplo, flavona, apigenina e luteolina), flavonóis (por exemplo, quercetina, kaempferol, miricetina e fisetina), flavanonas (por exemplo, flavanona, hesperetina e naringenina) e outras (KUMAR e PANDEY, 2013; PANCHE, DIWAN e CHANDRA, 2016; KHALID et al., 2019).

Figura 2- Estrutura básica dos flavonoides.

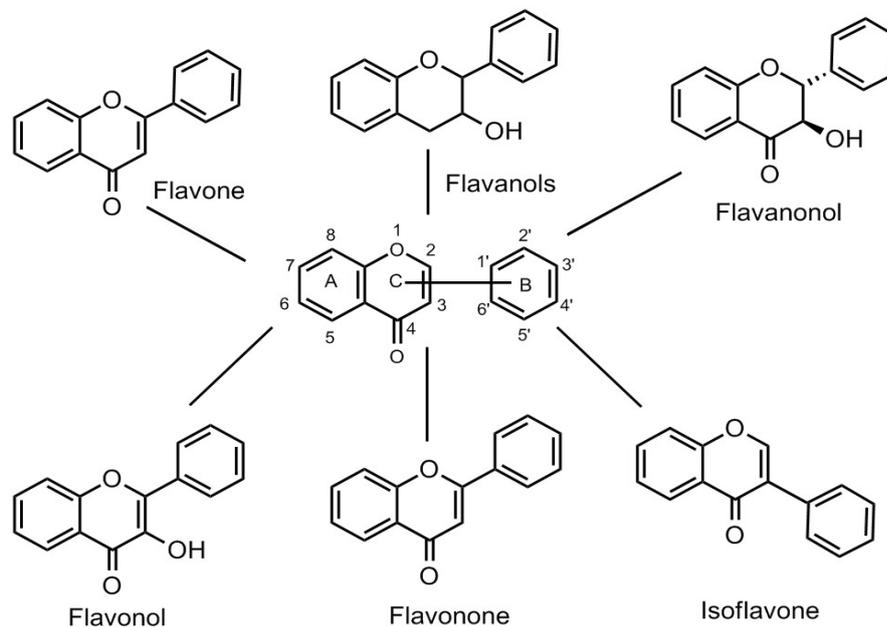


Fonte: Kumar e Pandey, 2013.

Uma classificação baseada na oxidação e saturação expressas na estrutura do anel C heterocíclico é comumente usada para classificar diferentes flavonoides e categorizada

principalmente em flavanóis, flavonas, flavononas, isoflavona, flavonol e flavanonol (Figura 3).

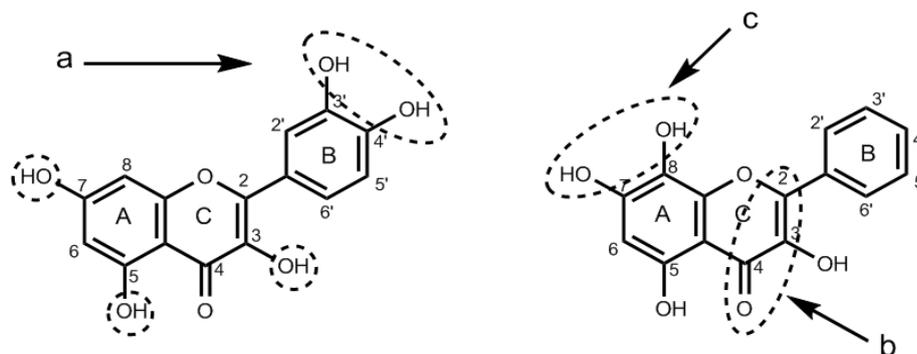
Figura 3- Estrutura química geral dos flavonoides e suas diferentes classes.



Fonte: Banjarnahor e Artanti, 2014.

A propriedade antioxidante dos flavonoides deriva de sua capacidade de extrair diretamente as espécies reativas de oxigênio. Os flavonoides são capazes de quelar os radicais livres imediatamente doando um átomo de hidrogênio ou por transferência de elétrons. Estruturas químicas distintas relacionadas às atividades antioxidantes dos flavonoides foram estabelecidas, incluindo grupos hidroxila (C na Figura 4), arranjo orto-di-hidroxi no anel B (A na Figura 4), ligação insaturada C2-C3 combinada com o grupo carbonila C-4 na Esqueleto C (B na figura 4) e O-metilação (BANJARNAHOR e ARTANTI, 2014).

Figura 4- Resumo das relações estrutura-capacidade antioxidante.



Fonte: Banjarnahor e Artanti, 2014.

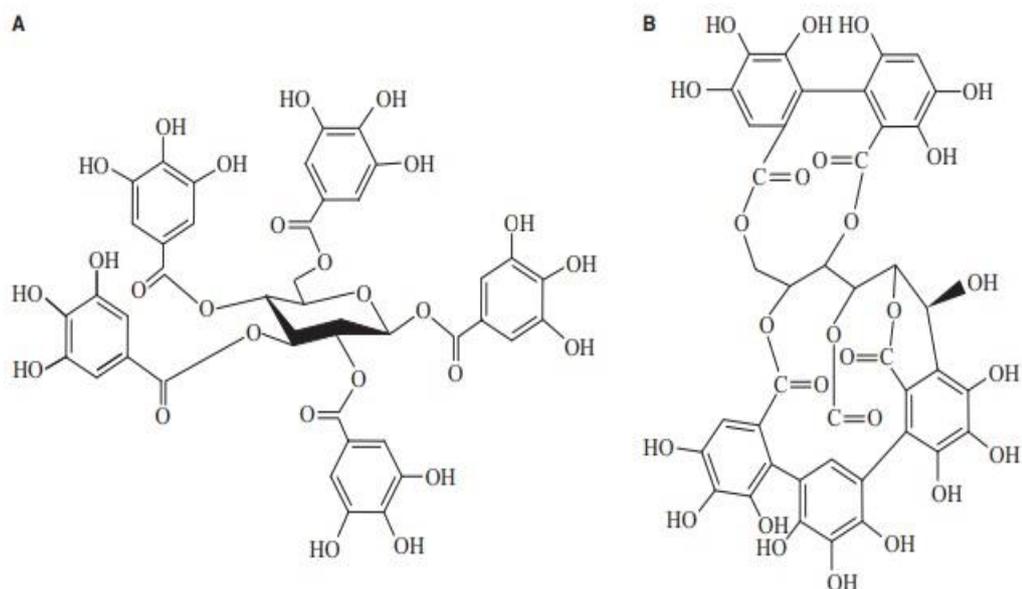
Estruturas químicas distintas relacionadas às capacidades antioxidantes dos flavonoides foram estabelecidas, incluindo grupos hidroxila (C na figura 3), arranjo orto-di-hidroxi no anel B (A na figura 3), ligação insaturada C2-C3 combinada com o grupo carbonila C-4 na Esqueleto C (B na figura 3) e O-metilação.

Outro possível mecanismo de ação dos flavonoides é através da quelação de elementos de metais de transição. Os flavonoides têm propriedades quelantes, o que lhes permite quelar, ou se ligar a íons metálicos no corpo humano para evitar que sejam acessíveis à oxidação. Certos flavonoides têm capacidade potencial para quelar íons metálicos, como Fe^{2+} e Cu^+ , que desempenham um papel vital no metabolismo do oxigênio e na formação de radicais livres (BANJARNAHOR e ARTANTI, 2014).

Além da eliminação direta de radicais livres e da quelação de elementos de metais de transição, os flavonoides também podem atuar como um antioxidante intracelular através da inibição de enzimas geradoras de radicais livres como xantina oxidase, lipoxigenase, proteína cinase C, ciclooxygenase, mono-oxigenase microssômica, succinoxidase mitocondrial e NADPH oxidase. A indução de enzimas antioxidantes internas é outro mecanismo possível através do qual os flavonoides agem como um antioxidante. Enzimas metabolizadoras da fase II (por exemplo, UDP-glucuronosiltransferases, sulfotransferases, N-acetiltransferases, glutathione S-transferases e metiltransferases) são as enzimas defensivas mais eficazes contra os tóxicos intracelulares e xenobióticos (BANJARNAHOR e ARTANTI, 2014).

Os polifenóis mais envolvidos em interações com macromoléculas são os taninos. Os taninos são amplamente difundidos em alimentos vegetais e vegetais, em particular em frutas e vegetais, e bebidas como vinho, chá, cacau, cerveja e cidra. O termo tanino inclui duas famílias de compostos: taninos hidrolisáveis e taninos condensados. Os taninos hidrolisáveis (Figura 5) consistem em ácidos fenólicos simples, como o ácido gálico (galotaninos) ou o ácido hexa-hidroxidifênico (elagitaninos) esterificados em polióis, tipicamente glicose (LE BOURVELLEC e RENARD, 2018).

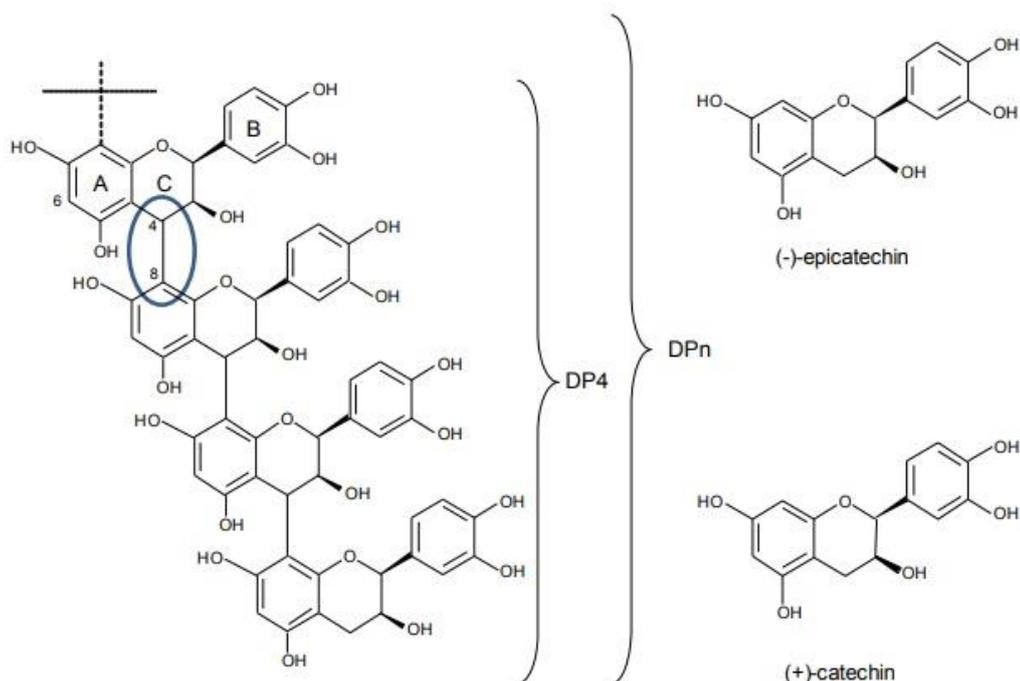
Figura 5- Estrutura da β -penta-O-galloyl-D-glicose (A) e da vascalagina (B).



Fonte: Le Bourvellec e Renard, 2018.

Taninos condensados, também conhecidos como proantocianidinas, são polímeros e oligômeros de unidades flavan-3-ol. Proantocianidinas podem diferir pela natureza das unidades constitutivas, pelo seu grau médio de polimerização (mDP) que é o número médio de unidades constitutivas (variando entre 2 e mais de 100), e pelo tipo de ligação (Figura 6). Eles são divididos em várias classes baseadas na hidroxilação das unidades constitutivas e na natureza das ligações. Suas unidades constitutivas mais comuns são (epi)-catequinas e (epi)-galequinas, levando às estruturas procianidina e prodelfinidina, respectivamente. As subunidades flavan-3-ol são mais frequentemente ligadas por ligações do tipo B, isto é, ligações interflavânicas C4-C8 ou C4-C6. Proantocianidinas do tipo A são ligadas por uma ligação adicional éter C2-O-C7 ou C2-O-C7 produzindo proantocianidinas duplamente ligadas (LE BOURVELLEC e RENARD, 2018).

Figura 6- Estrutura do tipo B.



Fonte: Le Bourvellec e Renard, 2018.

Os taninos são amplamente estudados devido a seus benefícios de saúde que são atribuídos à sua capacidade de agir como antioxidantes. Os taninos podem exercer seus efeitos positivos à saúde devido à sua capacidade antioxidante no trato gastrointestinal, produzindo efeitos locais ou devido à bioatividade de seus metabólitos absorvíveis da fermentação colônica, que podem produzir efeitos sistêmicos em vários órgãos. Os taninos contribuem também para as propriedades sensoriais dos alimentos à base de plantas, especialmente pela sua adstringência, sabor amargo, cor e pela sua participação na formação de vários produtos alimentares (LE BOURVELLEC e RENARD, 2012; LE BOURVELLEC e RENARD, 2018).

Taninos interagem com macromoléculas por ligações não covalentes, primariamente impulsionadas por ligações de hidrogênio e interações hidrofóbicas, ou por ligação covalente após ativação de polifenol por oxidação, por exemplo as quinonas, ou como carbocations, resultando da clivagem de proantocianidina sob condições ácidas (LE BOURVELLEC e RENARD, 2018).

Os carotenoides estão entre os pigmentos mais amplamente distribuídos e exibem naturalmente as cores vermelho, laranja e amarelo. São pigmentos lipossolúveis, que podem ser encontrados em muitos tipos de frutas, vegetais, fungos, flores e alguns tipos de animais. Bactérias fotossintéticas, algas, fungos e plantas podem produzir carotenoides através da biossíntese, enquanto aqueles encontrados em humanos e células animais (por exemplo,

luteína e zeaxantina em olhos humanos e astaxantina em salmão) são provenientes apenas de dietas (ELLISON, 2016; KACZOR et al., 2016).

Os carotenoides dos alimentos são tetraterpenoides C_{40} formados pela união cauda-cabeça de oito unidades isoprenoides C_5 , exceto na posição central, onde a junção ocorre no sentido cauda-cauda, invertendo assim a ordem e resultando numa molécula simétrica (Figura 7). Os grupos metila centrais estão separados por seis carbonos, ao passo que os demais, por cinco. A característica de maior destaque nestas moléculas é um sistema extenso de duplas ligações conjugadas, responsável por suas propriedades e funções tão especiais. Este sistema é o cromóforo que confere aos carotenoides as suas atraentes cores (RODRIGUEZ-AMAYA, 2016; NGAMWONGLUMLERT e DEVAHASTIN, 2019).

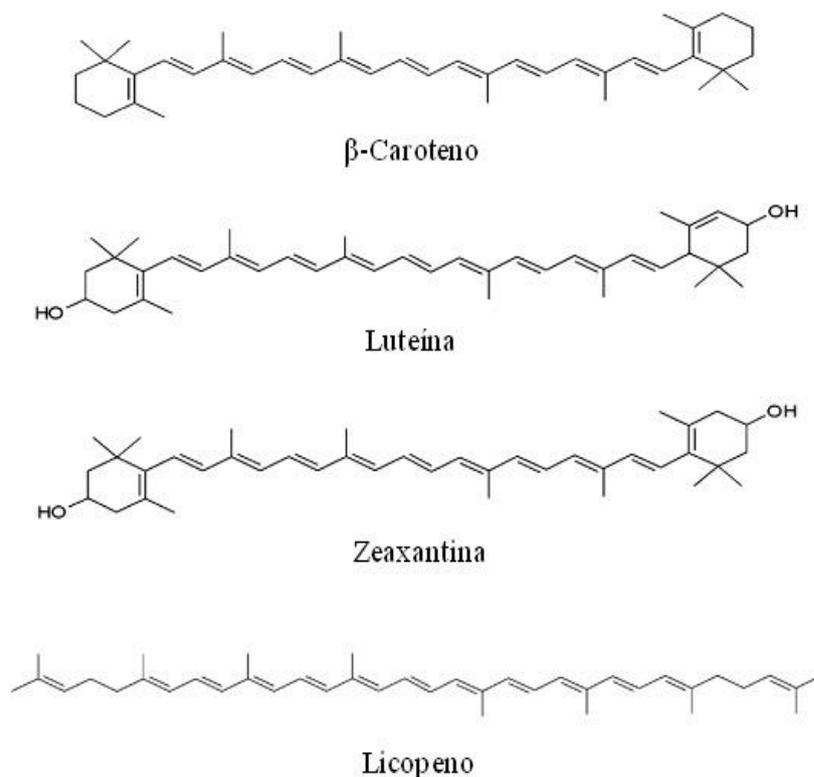
O esqueleto básico desta família de moléculas pode ser modificado de muitas maneiras, as quais incluem ciclização, hidrogenação, desidrogenação, introdução de grupos contendo oxigênio, rearranjos, encurtamento de cadeias ou combinações dessas modificações, resultando numa imensa variedade de estruturas. Mais de 650 diferentes carotenoides naturais já foram isolados e caracterizados, sem considerar os isômeros *trans* e *cis*. Desses, cerca de cem carotenoides têm sido relatados em alimentos. Os carotenoides mais encontrados nos alimentos são o β -caroteno, luteína, zeaxantina e o licopeno (RODRIGUEZ-AMAYA, 2016; NGAMWONGLUMLERT e DEVAHASTIN, 2019).

Estruturas de carotenoides foram classificadas em duas subclasses principais, que são carotenos e xantofilas. Carotenos consistem em hidrocarbonetos puros, enquanto as xantofilas consistem em hidrogênio, carbono e um ou mais grupos funcionais contendo oxigênio (ÖTLES e ÇAGINDI, 2008; ALCAINO et al., 2016; NGAMWONGLUMLERT, DEVAHASTIN e CHIEWCHAN, 2017). Na estrutura das xantofilas, várias formas de grupos de oxigênio (grupos hidroxil, metoxil, carboxil, ceto e epóxi) podem ser encontradas. A presença de oxigênio na estrutura leva a muitos derivados estruturais e à maior polaridade das xantofilas em comparação com a dos carotenos. Os carotenos comuns encontrados em plantas e algas verdes são o β -caroteno, enquanto as xantofilas comuns encontradas nas plantas são luteína, antheraxantina, neoxantina, violaxantina e zeaxantina.

Os carotenoides são antioxidantes naturais de importância nos alimentos e nos seres humanos. Eles podem melhorar a estabilidade e prolongar a vida útil dos alimentos. Por outro lado, a capacidade antioxidante é o modo de ação mais citado dos carotenoides na redução do risco de doenças degenerativas crônicas. A maioria dos pesquisadores nas últimas duas a três décadas concentrou a atenção no papel antioxidante dos carotenoides alimentares na saúde humana e não na própria comida. As propriedades antioxidantes dos carotenoides são devidas

à sua excepcional capacidade de eliminação do oxigênio singlete e de radicais livres (RODRIGUEZ-AMAYA, 2016).

Figura 7- Estrutura do β -caroteno, luteína, zeaxantina e licopeno.



Fonte: Ngamwonglumlert e Devahastin, 2019.

O papel de supressor de oxigênio singlete é baseado na conversão do excesso de energia de tal oxigênio em calor. O processo de extinção de oxigênio singlete consiste em duas etapas principais: a transferência de energia entre o oxigênio singlete e moléculas de carotenoides; e o retorno ao estado fundamental de carotenoides, como mostrado nas equações 1 e 2, respectivamente. Os carotenoides interagem primeiramente com o oxigênio singlete ($^1\text{O}_2$) através da absorção da energia do oxigênio, resultando na formação do oxigênio triplete ($^3\text{O}_2$) e carotenoides no estado excitado. Os carotenoides em estado excitado retornam então ao estado fundamental convertendo o excesso de energia em calor. Neste processo, os danos que são causados pelos carotenoides em estado excitado são negligenciados, uma vez que os carotenoides excitados possuem baixa energia e curta vida útil. Depois que os carotenoides retornam ao estado fundamental, eles podem ser reutilizados para extinguir outro oxigênio singlete (NGAMWONGLUMLERT e DEVAHASTIN, 2019).

Outro papel antioxidante dos carotenoides é a eliminação de radicais livres. Formação de reações adicionais com radicais, transferência de elétrons e abstração de hidrogênio alílico

(ou transferência de átomos de hidrogênio) são as três interações possíveis aceitas para extinguir os radicais livres pelos carotenoides.



O mecanismo de interação entre radicais livres e carotenoides depende das espécies dos radicais (contendo enxofre, dióxido de nitrogênio e radicais peroxil, por exemplo) e solvente que são utilizados para testar a capacidade de eliminação. Entretanto, as relações entre a estrutura dos carotenoides e o mecanismo de interação dos radicais livres de carotenoides nunca foram estabelecidas (NGAMWONGLUMLERT e DEVAHASTIN, 2019).

Existem três tipos de produtos a partir das interações entre radicais livres e carotenoides: (I) aduto radical (R-carotenoide[•]) de reações adicionais, (II) radicais cátion (carotenoides⁺) ou ânion (carotenoides⁻) de carotenoides através da transferência de elétron e (III) radical carotenoide neutro (carotenoides[•]) da abstração de hidrogênio alílico. Entre os vários tipos de produtos, os carotenoides⁺ são os mais estudados por possuírem forte atividade oxidante e longa vida útil. Este radical pode desempenhar um papel como pró-oxidante, uma vez que é bem conhecido pela capacidade de interagir com o oxigênio, outros carotenoides e outros substratos biológicos, como antioxidantes solúveis em água e aminoácidos (NGAMWONGLUMLERT e DEVAHASTIN, 2019).

Em decorrência da grande diversidade química existente, em especial entre os constituintes fenólicos, vários ensaios têm sido desenvolvidos para avaliação da capacidade antioxidante de amostras. Estes ensaios diferem em relação ao mecanismo de reação, às espécies-alvo, às condições reacionais e na forma com os resultados são expressos. Não obstante a diversidade de métodos para avaliar a capacidade antioxidante, não existe um procedimento metodológico universal. Este fato impõe a necessidade de avaliar a capacidade antioxidante por diferentes ensaios, com fundamentos e mecanismos de ação diferentes (DE OLIVEIRA, 2009).

O ensaio de oxidação do β -caroteno e ácido linoléico avalia a atividade de inibição de radicais livres gerados durante a peroxidação do ácido linoléico. O método está fundamentado em medidas espectrofotométricas da descoloração (oxidação) do β -caroteno induzida pelos produtos de degradação oxidativa do ácido linoléico (DUARTE-ALMEIDA et al., 2006).

O radical ABTS^{•+}, é um monocátion cromóforo verde-azulado pré-formado a partir do 2,2'-azinobis-(3-etilbenzotiazolina-6-sulfonato), gerado pela oxidação do ABTS, com persulfato de potássio e reduzido na presença de antioxidantes doadores de hidrogênio (GIADA e MANCINI-FILHO, 2004). A adição do antioxidante ao radical cátion pré-formado

o reduz novamente a $ABTS^{+}$, muito rapidamente, dependendo da atividade e concentração do antioxidante, bem como da duração da reação. Assim, a extensão da descoloração, como % de inibição do radical $ABTS^{+}$, é determinada em função da concentração do antioxidante e do tempo de reação.

O ensaio do poder redutor baseia-se na medida direta da habilidade dos antioxidantes em condições de baixo pH, reduzirem íon ferricianeto (Fe^{+3}) em excesso estequiométrico para a forma ferricianato (Fe^{+2}), na presença de íons férricos, formando coloração azul Prússia com absorção máxima a 700 nm (SANTOS et al., 2007; GIADA e MANCINI-FILHO, 2004). Logo o poder redutor dos compostos presentes nos extratos é diretamente proporcional à concentração de azul Prússia formado durante o processo.

A capacidade antioxidante é um indicador da presença de constituintes bioativos nos alimentos. Contudo, a variabilidade das medições entre as amostras de alimentos nos métodos de quantificação torna a sua compilação em uma forma padronizada muito difícil. Além do mais, a sua determinação é realizada in vitro, o que não é necessariamente consistente com seus efeitos in vivo (ARAÚJO, 2011).

2.4 Caracterização do sorvete

Gelados comestíveis são definidos como sendo os produtos congelados obtidos a partir de uma emulsão de gorduras e proteínas; ou de uma mistura de água e açúcar (es). Ademais, podem ser adicionados de outro(s) ingrediente(s) desde que não descaracterize(m) o produto (BRASIL, 2005).

Embora a definição de sorvete varie de país para país devido a diferentes regulamentações e tradições de composição (GOFF E HARTEL, 2013), o sorvete é considerado como um sistema coloidal complexo, que contém glóbulos de gordura, bolhas de ar e cristais de gelo dispersos em uma fase aquosa de alta viscosidade consistindo em proteínas, sais, açúcares e polissacarídeos. Portanto, o sorvete é simultaneamente uma emulsão (glóbulos de gordura), um sol (cristais de gelo) e uma espuma (bolhas de ar). De acordo Rios et al. (2014), o sorvete geralmente contém cerca de 30% de gelo, 50% de ar, 5% de gordura e 15% de solução de açúcar em volume; portanto, é composto de todos os estados da matéria: sólido (gelo e gordura), líquido (solução de açúcar) e gás.

A composição do sorvete é bastante variada, normalmente apresentando de 8 a 20% de gordura, 8 a 15% de sólidos não gordurosos do leite (SNGL), 13 a 20% de açúcar e 0 a 0,7% de emulsificante-estabilizante, porém pode haver variabilidade de acordo com a região e em diferentes mercados (SOUZA et al., 2010).

Os sólidos não gordurosos do leite (SNGL) são constituídos por lactose, caseínas, proteínas do soro do leite e minerais do produto do qual foram derivados. São considerados importantes componentes para o sorvete, pois podem melhorar a textura do sorvete, devido à funcionalidade da proteína; auxiliam no corpo e palatabilidade; e aumentam a aeração durante o batimento (SOUZA et al., 2010; GOFF, 2019).

As principais proteínas encontradas no leite são as caseínas, proteína do soro (globulina e albumina) e proteínas das membranas dos glóbulos de gordura. As proteínas contribuem para o desenvolvimento da estrutura do sorvete, inclusive para emulsificação, aeração, desenvolvimento de corpo, além de apresentar propriedades funcionais tais como a interação com outros estabilizantes, estabilização da uma emulsão depois da homogeneização, contribuição para a formação da estrutura do gelado e capacidade de retenção de água. A capacidade de retenção de água das proteínas conduz à melhoria da viscosidade da mistura. As proteínas também podem contribuir para o aumento do tempo de derretimento do sorvete e para redução de formação de gelo (SOUZA et al., 2010; GOFF, 2019).

Os carboidratos ao formarem solução com a água contribuem para a redução do ponto de congelamento da mistura. Sua presença contribui para o aumento da viscosidade, do tempo de batimento da mistura e da suavidade de textura, e tendem a aumentar a taxa de derretimento. O açúcar mais comumente utilizado na elaboração de sorvetes é a sacarose, sendo o principal agente dulçor utilizado na fabricação de sorvetes. A lactose é o carboidrato do leite, sendo que o seu poder adoçante e a sua solubilidade são menores quando comparados aos de outros açúcares. Esta intervém na textura do sorvete, dá sabor doce, mas, como é pouco solúvel, quando está em excesso pode cristalizar e produzir alterações indesejáveis na textura (SOUZA et al., 2010; GOFF, 2019).

Os estabilizantes, também chamados de espessantes, aglutinantes e hidrocoloides, são compostos macromoleculares que se hidratam intensamente com água e formam soluções coloidais, controlando, assim, a movimentação da água por causa da formação de ligações de hidrogênio e da formação de uma rede tridimensional que impede a mobilidade da água. Estabilizantes são usados em pequenas quantidades (0,1-0,5%) na mistura de sorvete, conferindo uniformidade e maciez ao corpo do produto (SOUZA et al., 2010).

A utilização dos estabilizantes no sorvete tem por objetivo evitar o crescimento de cristais de gelo e de lactose, e a recristalização, causada pelas flutuações de temperatura durante sua conservação. Os estabilizantes também melhoram as propriedades de batimento, aumentam a viscosidade da calda, contribuem para o melhoramento do corpo e textura do produto final, melhoram as propriedades de derretimento, evitam a separação do soro, facilitam a incorporação e a distribuição de ar durante a fabricação do sorvete, promovem

melhor estabilidade durante o armazenamento e não têm efeito no ponto de congelamento (SOUZA et al., 2010).

Os emulsificantes são substâncias químicas com uma parte da molécula hidrofóbica e outra hidrofílica, que possibilitam a formação de uma emulsão reduzindo a tensão superficial. No sorvete existem dois tipos de emulsão: emulsão gordura em água e emulsão ar em calda, parcialmente congelada. No sorvete, os emulsificantes são usados para promover a uniformidade durante o batimento, reduzir o tempo de batimento da calda, controlar a aglomeração e o reagrupamento da gordura durante a etapa de congelamento (estabiliza a emulsão de gordura) e facilitar a distribuição das bolhas de ar, produzindo um sorvete com corpo e textura cremosa típica (SOUZA et al., 2010).

Os emulsificantes também reduzem os efeitos negativos causados pela flutuação da temperatura e aumentam a resistência ao derretimento. Isto tudo é consequência do aumento da rigidez da membrana que rodeia os glóbulos de gordura e da formação de uma rede mais sólida ao redor das bolhas de ar. O uso excessivo de emulsificante pode resultar em derretimento muito lento e alterações nas características desejáveis de corpo e textura (SOUZA et al., 2010).

A presença de gordura no sorvete contribui para o desenvolvimento de uma textura suave e melhora o corpo do produto. A gordura láctea tem grande importância no sorvete e pode variar de 0 a 24%, dependendo de fatores como padrões legais, qualidade e preço. Este ingrediente fornece energia, ácidos graxos essenciais, esteróis e interage com outros ingredientes desenvolvendo o sabor (transporta os sabores solúveis em gorduras, lubrifica a boca, confere cremosidade) e a estrutura (SOUZA et al., 2010).

Durante o processamento do sorvete (batimento e congelamento) a emulsão de gordura que existe na mistura irá coalescer parcialmente (desestabilizar) como resultado da ação emulsificante, incorporação de ar, cristalização de gelo e altas forças de cisalhamento. Esta coalescência parcial é necessária para definir a estrutura e a textura do sorvete (SOUZA et al., 2010; GOFF E HARTEL, 2013).

Destaca que no Brasil foram consumidos mais de 1 bilhão de litros de sorvetes e o consumo per capita foi de 4,86 litros/ano em 2016. Este setor apresentou um faturamento superior a R\$ 12 bilhões. Além destes, a produção do sorvete de massa atingiu a marca de 675 milhões de litros. Atualmente, este segmento apresenta 8 mil empresas, sendo que 92% se enquadram entre micro e pequenas, gerando 75 mil empregos diretos e 200 mil indiretos (ABIS, 2019).

Nos últimos anos alguns fabricantes de sorvetes reduziram a quantidade de gordura e/ou a substituíram por carboidratos ou proteínas a fim de criar produtos que atendam às

demandas da saúde de consumidores mais conscientes. É necessário entender como criar estruturas correspondentes de gorduras, porque um substituto de gordura deve combinar com a textura, paladar e funcionalidade da gordura original além de transmitir o perfil de sabor desejado. A gordura do leite e as gorduras vegetais podem ser substituídas para reduzir o teor de gordura ou para testar novas fontes. Formulações com baixo teor ou sem gordura são geralmente testadas adicionando agentes do corpo para minimizar a falta de gordura na estrutura. Além disso, os substitutos de gordura foram testados devido à disponibilidade de novas fontes, para reduzir custos e criar novos produtos (RIOS et al., 2014; GOFF, 2019).

2.5 Substitutos de gordura: características e aplicações em sorvete

Observa-se crescente o interesse em produtos com baixo teor de gordura por consumidores preocupados com a qualidade da saúde, a fim de controlar sua ingestão calórica e reduzir o risco de doenças relacionadas à obesidade, tais como: doenças cardiovasculares, diabetes e câncer (JAVIDI et al., 2016; LIU et al., 2018). Para atender essa demanda, a indústria de sorvetes não foi uma exceção, muitos estudos foram realizados para reduzir seu teor calórico em gordura. Entretanto, deve-se registrar a importância da função tecnológica dessas biomoléculas relacionada com a textura e o sabor do gelado. A remoção ou redução desse componente pode causar alterações na qualidade final deste produto. Assim, muitos substitutos de gordura são utilizados em formulações de sorvetes, de modo que as propriedades indesejáveis do produto final resultantes dessa redução possam ser minimizadas (AKBARI et al., 2016).

Substitutos de gordura são substâncias que podem reproduzir as propriedades físicas e atributos sensoriais semelhantes aos da gordura em alguns alimentos, mas fornecem significativamente menos calorias. Os substitutos de gordura são geralmente classificados em três categorias com base em suas composições: lipídios, proteínas e carboidratos; cada um tem propriedades funcionais específicas e pode ser usado individualmente ou associados (AKBARI, ESKANDARI e DAVOUDI, 2019).

Esses ingredientes para serem utilizados como substitutos de gordura, devem atender a alguns requisitos, tais como: ser livre de efeitos tóxicos, não produzir metabólitos diferentes daqueles produzidos pela gordura convencional, ser eliminada completamente do organismo e os produtos devem ser preferencialmente considerados *Generally Recognised as Safe* – GRAS, pela Food and Drug Administration – FDA (FDA, 2019).

Fabricantes de sorvete têm substituído a gordura por ingredientes à base de carboidratos, pertencentes ao grupo dos hidrocolóides, que são capazes de interagir com a

água; e suas funcionalidades, como espessante, gelificante e propriedades emulsionantes, permitem que eles mimetizem a palatabilidade e as propriedades de fluxo de forma semelhante à de glóbulos de gordura em sistemas aquosos (LIM et al., 2010). Gomas naturais possuem mais benefícios que as sintéticas devido a sua ausência de toxicidade, baixo custo e disponibilidade (SOHAIL et al., 2014).

Assim, estratégias têm sido estudadas para a produção de sorvetes com baixo teor de gordura, que atendam às demandas dos consumidores preocupados com a saúde e resultados favoráveis foram obtidos. O desenvolvimento de produtos com boa aceitação e os avanços percebidos nessa área são muito positivos para o mercado consumidor, que busca alternativas mais saudáveis e com maior valor agregado (RIOS et al., 2014). Alguns destes estudos são destacados a seguir.

Hidrolisados de proteína de soja (HPS) e suas misturas com goma xantana (GX) foram usados como substitutos de gordura na produção de sorvetes com redução de gordura em estudos realizados por Liu et al. (2018). Os resultados mostraram que o sorvete com 50% de substituição de gordura pela mistura HPS/GX (96:4) apresentou aparência, sabor e textura semelhantes às amostras de sorvetes com 10% de gordura. Apresentou, também, desempenho geral aceitável na avaliação sensorial. Sendo assim, uma opção viável como substituto de gordura na produção de sorvete.

A viabilidade de substituir a gordura em sorvete por inulina foi investigada por Akbari et al. (2016), com o objetivo de produzir um sorvete de baixo teor de gordura e com propriedades prebióticas. Assim, inulina (2, 3 e 4%) foi adicionada às formulações com baixo teor de gordura. As propriedades físico-químicas, sensoriais, cor, derretimento e textura foram comparadas com as do sorvete controle (contendo 10% de gordura) e com a formulação com 2% de gordura e sem adição de inulina. Os resultados obtidos constataram que os sorvetes com baixo teor de gordura apresentaram taxa de fusão significativamente menor em comparação com o controle. A adição de inulina resultou na redução significativa da adesividade e dureza dos sorvetes em comparação com o de baixo teor de gordura e isento de inulina.

Javidi et al. (2016) avaliaram a funcionalidade da goma de semente de manjerição (GSM), da goma guar (GG) e sua mistura (MG 50:50), nas concentrações de 0,35, 0,45, 0,50 e 0,55%, nas propriedades reológicas, físicas e características sensoriais de sorvete de baunilha. Todas as misturas apresentaram comportamento pseudoplástico e tixotrópico. As propriedades reológicas foram consideradas satisfatórias em sorvetes com pouca gordura. A redução de gordura resultou em alguns defeitos que, em certa medida, foram compensados pelo aumento dos níveis de substitutos de gordura. A GSM e MG exibiram natureza

tixotrópica mais sensível ao cisalhamento do que a GG, além de favorecer fortemente a percepção de cremosidade. Além disso, reduziram a percepção de frieza e aspereza das misturas com baixo teor de gordura. Assim, concluíram que estas gomas e sua mistura podem ser consideradas adequadas como substitutos de gordura e/ou estabilizadores para sorvetes com baixo teor de gordura.

Os efeitos de substitutos de gordura (Simplese® D-100, N-Lite D e inulina) sobre as características de derretimento, *overrun*, textura, parâmetros reológicos e atributos sensoriais de sorvetes com teor de gordura reduzido (RF, 60,0 g.kg⁻¹), baixo (LF, 40,0 g.kg⁻¹), e sem gordura (NF, 1,0 g.kg⁻¹) foram investigados por Karaca et al (2009). As amostras de sorvete com reduzido e baixo teor de gordura foram classificadas como semelhantes ao controle por um painel sensorial. Por outro lado, não foram observadas correlações ($P > 0,05$) entre os parâmetros reológicos e textura sensorial.

O principal desafio quanto à produção de alimento com teor de gordura reduzido está baseado no fato de que a maioria dos produtos alimentícios é composta por sistemas relativamente complexos e, por outro lado, qualquer substituto possui limitações em sua habilidade de abranger as diversas funções da gordura. Os processos evoluíram porque, na maioria dos casos, nenhuma das investigações para substituição de gordura resultou em um produto final satisfatório, com redução significativa de gordura, sem que houvesse comprometimento de algumas das características de qualidade do produto padrão, tais como estabilidade sensorial, física, estabilidade biológica e microscópica. Assim, sugere-se utilizar uma mistura de substitutos de gordura, que possuem diferentes funções, como estabilizantes e emulsificantes, por exemplo, ou ainda, projetada para aplicação de um produto em particular (ADITIVOS E INGREDIENTES, 2019).

Vários hidrocoloides podem ser empregados como substitutos de gordura, dentre eles pode-se destacar a inulina, a goma guar e a goma arábica. A inulina é considerada um substituto de gordura e pode apresentar um papel importante na melhoria da textura do sorvete, devido à sua capacidade de ligar moléculas de água e formar uma rede de gel (AKBARI et al., 2016). As gomas vegetais são utilizadas nos produtos de sobremesa congelados como emulsificantes e estabilizantes. Esses materiais são polissacarídeos que podem interagir com a água, desenvolver a textura e a viscosidade da sobremesa congelada e conferir aos produtos uma sensação de lubricidade e cremosidade (AKBARI, ESKANDARI e DAVOUDI, 2019). No entanto, não há evidências sobre a utilização desses três polissacarídeos em conjunto como substituto de gordura em sorvete até o presente, justificando, assim, sua escolha para condução deste trabalho.

2.5.1 Influência dos hidrocoloides como substitutos de gordura em sorvete

A gordura tem funções muito importantes no sorvete, pois derrete e cristaliza, é untuoso, diminui a sensação de frio, contribui com um sabor desejável, é um solvente para sabores adicionados, adiciona estrutura ao sorvete e é a principal explicação para a secura do sorvete em extrusão (JAVIDI et al., 2016). Normalmente, o sorvete contém 10% a 14% de gordura (PATEL et al., 2010). A remoção de gordura causa problemas corporais e de textura, como aspereza e gelo, corpo quebradiço, retração e defeitos de sabor em sorvetes com baixo teor de gordura. Os hidrocoloides são capazes de interagir com a água e suas funcionalidades produzem corpo, textura suave, derretimento lento e choque térmico no produto resultante (LIM et al., 2010). As propriedades funcionais das proteínas do leite em sorvetes são melhoradas com a complexação entre proteínas e hidrocoloides aniônicos, que dependem da proporção de proteína para hidrocoloide, densidade do hidrocoloide e alguns outros parâmetros (RAZAVI E BEHROUZIAN, 2018).

O derretimento do sorvete inclui fenômenos de transferência de calor e massa. Como a água tem maior condutividade térmica que a gordura, a redução da gordura resulta em uma taxa de fusão mais rápida. Além disso, partículas de gordura sólida com o aumento da viscosidade da matriz reduzem a taxa de fusão. Uma função dos estabilizadores nos sorvetes é aumentar a resistência ao derretimento aumentando a viscosidade da amostra (RAZAVI E BEHROUZIAN, 2018).

O conteúdo de ar (*overrun*) e o tamanho da bolha de ar dispersa são outros fatores-chave para a textura do sorvete. O aumento do volume de sorvete é outra função dos estabilizadores, provocada pelo aumento da viscosidade e manutenção das bolhas de ar. A alta viscosidade das misturas não favorece a capacidade de formação de espuma, mas favorece sua estabilidade (BAHRAMPARVAR E MAZAHERI TEHRANI, 2011).

Sorvete com pouca gordura geralmente tende a ter um impacto menor no sabor, porque a gordura não está disponível para promovê-lo. Além disso, os estabilizantes utilizados podem se ligar a elementos dos aromas, tornando-os indisponíveis ao paladar. Frost et al. (2005) mostraram aumentos e reduções mais rápidos na percepção dinâmica do sabor com menores níveis de gordura nos sorvetes e relataram que esses comportamentos estavam relacionados aos pontos de ebulição e à hidrofobicidade dos compostos aromatizantes (RAZAVI E BEHROUZIAN, 2018).

A redução no teor de gordura causa um aumento na dureza do sorvete, o que foi atribuído ao volume adicionado da fase de gelo (TIWARI ET AL., 2014). O envolvimento da gordura nas características estruturais do sorvete, como sua menor condutividade térmica,

pode explicar a redução da cremosidade à medida que o conteúdo de gordura diminui. Por outro lado, se muito estabilizante é usado no sorvete, pode resultar em um defeito de textura chamado 'gomoso', no qual após o sorvete derreter na boca, uma sensação viscosa é percebida pelo consumidor (KILARA, 2014). O tamanho do cristal de gelo, normalmente, determina a finura ou granulação eventual do sorvete. Os estabilizantes melhoram a estrutura e a textura, reduzindo a taxa de crescimento dos cristais de gelo (RAZAVI E BEHROUZIAN, 2018).

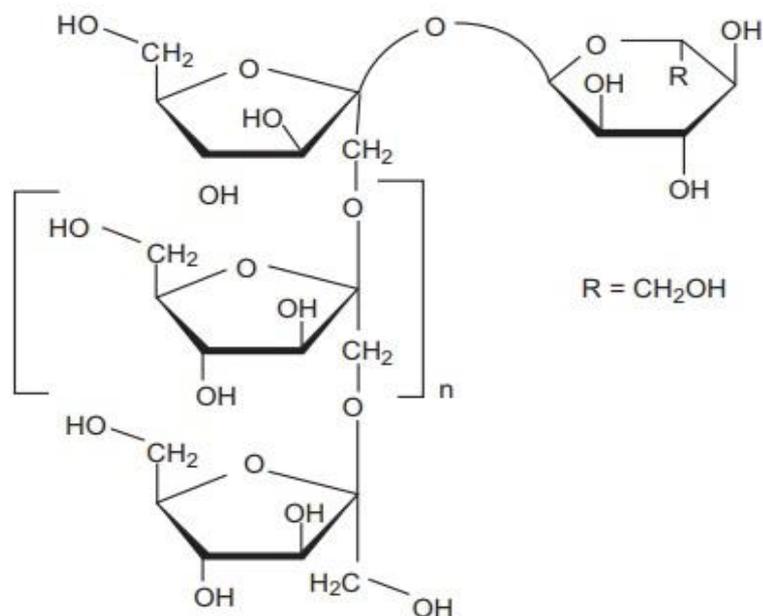
2.5.2 Inulina: propriedades tecnológicas como substituto de gordura

A inulina é um polissacarídeo não digerível que pode ser encontrada em algumas frutas e vegetais, especialmente a raiz de chicória (*Cichorium intybus*), como carboidrato de armazenamento, ou em alguns microorganismos como exo-polissacarídeos. Estruturalmente, a inulina nativa é um frutooligosacarídeo (FOS), uma mistura heterogênea de polímeros de frutose, com uma molécula de glicose na porção terminal de cadeia (Figura 8) (AKBARI et al., 2016).

A inulina (grau de polimerização - $GP_{\text{médio}}= 12$) é obtida industrialmente a partir da extração com água quente das raízes da chicória, seguida de refinação e secagem por atomização. Três tipos de produtos comerciais podem ser elaborados: a inulina com alto GP ($GP_{\text{médio}}= 25$), obtida a partir de separação física; a oligofrutose ($GP_{\text{médio}}= 4$), obtida por meio da hidrólise enzimática parcial da inulina; e a mistura de inulina e oligofrutose, obtida a partir da combinação de 50% de inulina de alto GP e de 50% de oligofrutose. A inulina de cadeia longa é menos solúvel e mais viscosa do que a oligofrutose e a inulina nativa, e é usada como substituto de gordura e agente texturizante, especialmente em alimentos onde se deseja um baixo teor de gordura, como sorvete, podendo levar a excelentes propriedades, como sensação de lubricidade e cremosidade na boca (AKBARI, ESKANDARI e DAVOUDI, 2019).

A inulina também tem sido designada como prebiótico e fibra alimentar solúvel, sendo assim considerada como um ingrediente funcional, com baixa contribuição calórica, devido às suas propriedades nutricionais: não é quebrada no sistema digestivo humano, após a ingestão, devido à resistência à hidrólise oferecida pelas ligações (2,1) entre as moléculas de frutose (CASAROTTI e JORGE, 2010; AKBARI et al., 2016).

Figura 8- Representação da estrutura química da inulina.



Fonte: Sabat e Iskra, 2016.

A propriedade da inulina de cadeia longa para atuar como substituto de gordura baseia-se na sua capacidade de formar microcristais, que interagem entre si, formando pequenos agregados que finalmente se aglomeram em uma rede de gel. O grau de polimerização da oligofrutose ou da inulina de cadeia curta é insuficiente para formar microcristais. Apenas inulinas nativas e de cadeia longa em soluções aquosas concentradas podem desenvolver uma estrutura de gel formada por uma rede de partículas cristalinas. Inicialmente, formam cristais não esféricos primários (0,5 por 3 mm) que agregam incluindo quantidades significativas de fase fluida, e depois os agregados interagem para formar um gel. A disponibilidade de água é o fator que mais afeta as características do gel. Entretanto, o tamanho da cadeia de inulina (grau de polimerização), concentrações de mono e dissacarídeos presentes, tamanho das partículas de inulina, método de preparação, temperatura, adição de outros hidrocolóides e cátions mono e divalentes também podem afetar o gel (MEYER et al., 2011).

Akbari et al. (2016) investigaram a possibilidade de substituição da gordura do sorvete por inulina para produzir um sorvete de baixo teor de gordura com propriedades prebióticas, examinando o efeito dessa substituição nos atributos físico-químicos e sensoriais do sorvete. Assim, 5 formulações de sorvete foram desenvolvidas, sendo a amostra controle contendo 10% de gordura. Na segunda formulação, o conteúdo de gordura do sorvete foi reduzido para 2% (sem a incorporação de inulina como substituto da gordura) para examinar o efeito geral

da redução de gordura nos atributos físico-químicos e sensoriais de um sorvete com baixo teor de gordura. A inulina foi incorporada no terceiro, quarto e quinto tratamentos a 2, 3 e 4%, respectivamente, substituindo uma certa quantidade de óleo vegetal.

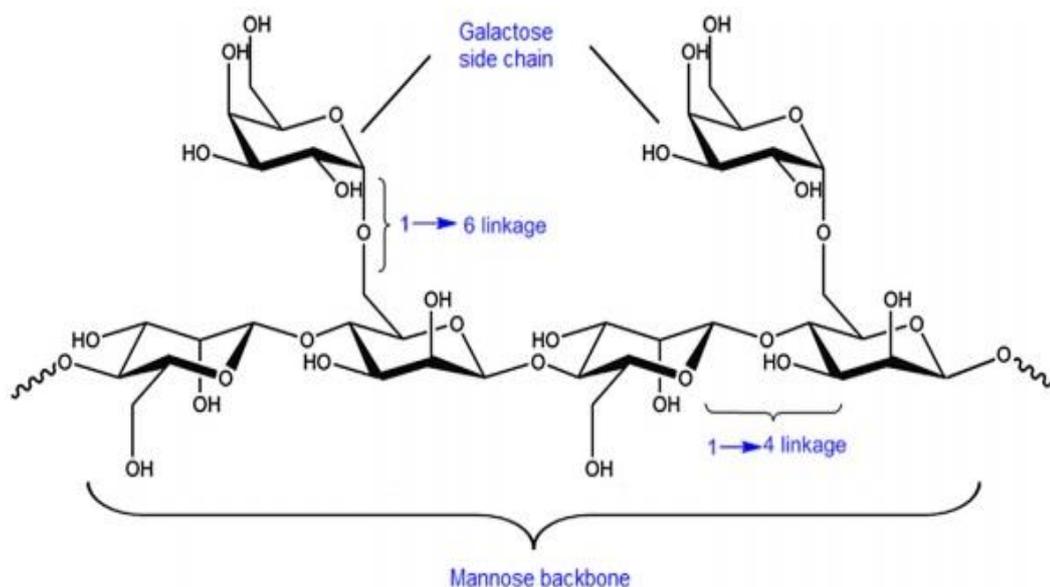
A redução de gordura e a adição de inulina aumentaram a densidade dos sorvetes com baixo teor de gordura em comparação com o sorvete controle. Observou-se também que a coloração amarela dos sorvetes com baixo teor de gordura foi reduzida. A adição de inulina aumentou significativamente a taxa de fusão dos sorvetes em comparação com a do sorvete controle. Não houve diferença na taxa de fusão do sorvete com baixo teor de gordura e livre de inulina dos que contêm inulina. O aumento no conteúdo de inulina fez com que a dureza das amostras diminuísse significativamente em comparação com a do sorvete com baixo teor de gordura e isento de inulina. Não houve diferença entre o sorvete controle e a amostra com 4% de inulina em relação aos atributos avaliados na análise sensorial.

2.5.3 Goma guar: propriedades tecnológicas como substituto de gordura

A goma guar é obtida do endosperma das sementes de *Cyamopsis tetragonolobus* (Leguminosae), originária da Índia e do Paquistão. Entre as gomas naturais comercializadas, é a goma que produz a mais alta viscosidade, sendo um exemplo de polissacarídeos hidrofílicos. O principal componente dos endospermas é a galactomanana. As galactomananas (Figura 9) consistem de uma cadeia principal de unidades de β -D-manopiranosil unidas por ligações (1-4) a ramificações em uma única unidade de α -D-galactopiranosil, ligadas na posição O-6. Os grupos hidroxila presentes na estrutura polimérica ajudam na fabricação de vários derivados utilizados para várias aplicações industriais (SHARMA et al., 2018).

A goma guar é um polissacarídeo com um dos mais altos pesos moleculares de todos os polímeros naturais solúveis em água. O efeito na viscosidade nas preparações comerciais com goma guar pode variar enormemente dependendo do peso molecular das galactomananas. Publicações recentes relataram que o peso molecular médio da goma guar varia enormemente, dependendo do método usado para extração, mas estes estão tipicamente na faixa de 0,25 a 5,0 milhões Da (MUDGIL, BARAK e KHATKAR, 2014).

Figura 9- Estrutura química da goma guar.



Fonte: George, Shah e Shrivastav, 2019.

As propriedades biológicas da goma guar e de outros polissacarídeos dependem do seu comportamento em meio aquoso. A goma guar se dissolve no solvente polar na dispersão e forma ligações de hidrogênio fortes. Em solventes não polares, forma apenas ligações de hidrogênio fracas. A taxa de dissolução da goma guar e o desenvolvimento da viscosidade geralmente aumentam com a diminuição do tamanho das partículas, diminuição do pH e aumento da temperatura. As taxas de hidratação são reduzidas na presença de sais dissolvidos e outros agentes ligantes de água, como a sacarose (MUDGIL, BARAK e KHATKAR, 2014).

Soluções com goma guar apresentam alta viscosidade até mesmo em baixas concentrações, porém, a viscosidade aumenta proporcionalmente com o aumento da concentração da goma na solução. Isto é devido à interação da cadeia lateral de galactose da molécula da goma com a molécula de água. O aumento na concentração de goma guar aumenta a interação intermolecular da cadeia ou emaranhamento que leva ao aumento da viscosidade (ZHANG et al. 2005). Até 0,5% de concentração, as soluções de goma guar comportam-se como sistema newtoniano, enquanto que acima deste nível de concentração se comportam como sistemas não newtonianos e tixotrópicos. Também é relatado que as viscosidades de diferentes concentrações de goma guar à temperatura constante, diminuem com o aumento da taxa de cisalhamento (JAGDISH et al., 2014; MUDGIL, BARAK e KHATKAR, 2014).

As soluções de goma guar são estáveis em uma ampla faixa de pH de cerca de 1,0 a 10,5. Isto é devido ao seu comportamento não iônico e sem carga. A viscosidade final da

goma guar não é afetada pelo pH, mas a taxa de hidratação mostra variação com qualquer alteração no pH. A hidratação mais rápida é alcançada em pH 8–9, porém a taxa de hidratação mais lenta ocorre em pH acima de 10 e abaixo de 4 (MUDGIL, BARAK e KHATKAR, 2014).

A característica mais significativa da goma guar é sua capacidade de se hidratar rapidamente em sistemas com água fria para fornecer soluções altamente viscosas. A goma guar forma uma dispersão coloidal viscosa quando completamente hidratada, que é um sistema reológico tixotrópico. A regulamentação da goma guar como aditivo alimentar é documentada pela Food and Drug Administration (FDA). A concentração admissível de goma guar é inferior a 2%. Seu vasto uso nas indústrias alimentícias é devido às suas propriedades funcionais exclusivas, como alta capacidade de retenção de água, taxa de evaporação reduzida, alteração na taxa de congelamento, modificação no desenvolvimento de cristais de gelo. É utilizada para emulsificação, estabilização, preservação, retenção de água e aprimoramento do teor de fibras solúveis em água. Além disso, ajuda a manter a consistência e a textura de sorvetes. O baixo custo da goma guar é, ainda, uma grande vantagem para sua utilização (MUDGIL, BARAK e KHATKAR, 2014; SILVA et al, 2018; SHARMA et al., 2018).

Javidi e Razavi (2018) investigaram o impacto de diferentes concentrações de goma de manjeriço (como um novo hidrocoloide) e goma guar (como um hidrocoloide comercial) e sua mistura (50:50) na reologia, propriedades texturais, físicas e sensoriais dos sorvetes light de baunilha (5% de gordura). Compararam essas propriedades com o sorvete controle (10% de gordura) e descreveram as relações entre as amostras e seus atributos usando análise de componentes principais (PCA). Todas as amostras apresentaram comportamento tixotrópico e pseudoplástico. Geralmente, suspensões coloidais ou soluções concentradas, incluindo substâncias de alto peso molecular, são sistemas tixotrópicos.

A redução do teor de gordura e o aumento da concentração das gomas aumentaram a dureza e a adesividade das amostras. Porém para os sorvetes com goma guar, os valores foram inferiores às demais amostras com goma de manjeriço e com a mistura das gomas. Alguns fatores como o tamanho do cristal de gelo, o volume da fase de gelo e a quantidade de ar disperso e a viscosidade da matriz, influenciam na dureza e adesividade dos sorvetes, que podem ser alterados devido ao tipo e a quantidade de ingredientes utilizados na formulação.

Verificou-se que alguns fatores podem afetar o comportamento de fusão do sorvete, incluindo os ingredientes da mistura, o coeficiente de consistência da mistura, a quantidade de ar disperso, o volume e a estrutura dos cristais de gelo e a rede de glóbulos de gordura. O processo de fusão dos sorvetes é controlado pelos fenômenos de transferência de calor e

massa, nos quais a água tem maior condutividade térmica que a gordura. O primeiro tempo de gotejamento foi diminuído pela redução do teor de gordura, sendo significativo para a amostra de goma guar.

A adição das gomas reforçou a resistência ao derretimento e aumentou o tempo de gotejamento. A razão para esse resultado pode estar conectada à complexa rede de polissacarídeos e à sua capacidade de reter água, resultando em aprimoramento da viscosidade e estabilização da espuma.

A viscosidade afeta diretamente o overrun do sorvete. Se o líquido é viscoso o suficiente, ele é capaz de reter eficientemente as bolhas de ar, enquanto na mistura de baixa viscosidade, as bolhas de ar colapsam rapidamente. Os autores encontraram valores de *overrun* que variaram entre 13,9 e 44,5%, sendo que todos os sorvetes com goma apresentaram *overrun* significativamente maior do que as amostras controle. Os hidrocoloides são capazes de reduzir a cinética dos fenômenos de recristalização do gelo devido à retenção de água e aprimoramento da microviscosidade, formação de gel e separação de fases dos mesmos. Tais efeitos inibitórios dos hidrocoloides no crescimento de cristais de gelo, bem como sua capacidade de aumentar a viscosidade das misturas, têm influências importantes na incorporação de ar nos sistemas de espuma.

Demonstrou-se que algumas propriedades sensoriais (aspereza, frio, cremosidade e derretimento), do sorvete controle podem ser simuladas como resultado da adição de substitutos de gordura. A análise com base no PCA mostrou que o teor de gordura, o tipo e a concentração de gomas selecionadas têm efeitos importantes nas diferentes propriedades do sorvete. Concluiu-se que a goma de manjericão, a goma guar e sua mistura podem ser utilizadas em sorvetes light como substitutos de gordura, mimetizando algumas características sensoriais do sorvete. As interações entre as gomas não apenas produziram produtos de grande variedade para suprir a demanda do consumidor, como também podem reduzir os custos de produção.

2.5.4 Goma arábica: propriedades tecnológicas como substituto de gordura

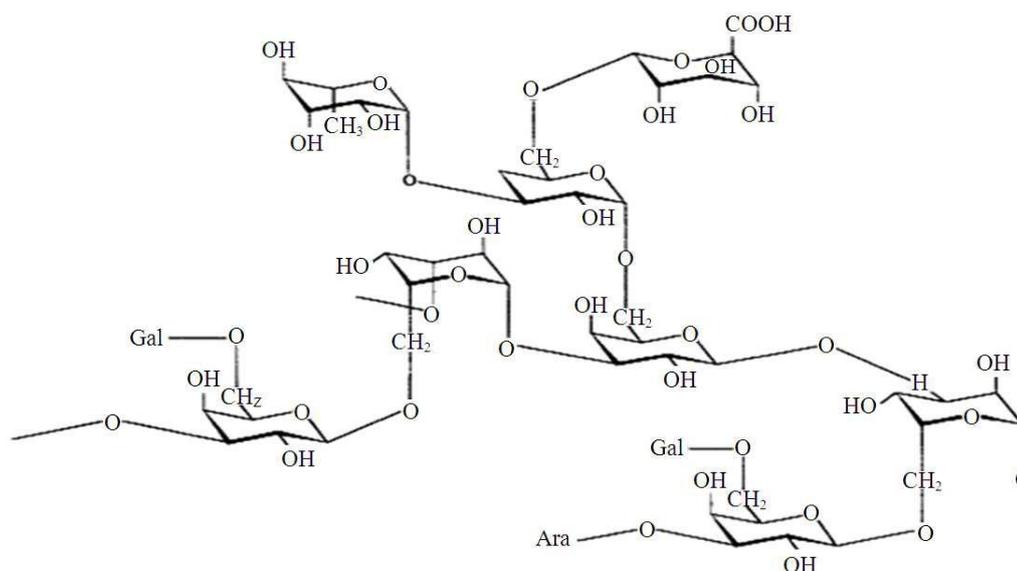
A goma arábica é obtida das árvores Acácia Senegal e Acácia Seyal. Essas árvores são abundantes no centro do Sudão, na África central e na África Ocidental. É a goma vegetal mais utilizada, pois além de espessante, é também um ótimo estabilizante de emulsões (MONTENEGRO et al., 2012; DAUQAN e ABDULLAH, 2013; SULIEMAN, 2018). A composição química da goma-arábica é complexa e consiste em um conjunto de macromoléculas caracterizadas por uma alta proporção de carboidratos (97%), constituídas

predominantemente por unidades D-galactose e L-arabinose e uma baixa proporção de proteínas (<3%). Uma ligeira variação pode ser encontrada na composição química da goma arábica; depende de sua origem, clima, estação de coleta, idade da árvore e condições de processamento (MONTENEGRO et al., 2012).

É um complexo polissacarídico ramificado, neutro ou levemente ácido, obtido como um sal misto de cálcio, magnésio e potássio. É composto de heteropolissacarídeos ricos em arabinose e galactose (Figura 10). A cadeia principal consiste em unidades de β -D-galactopiranosose (ligações 1 \rightarrow 3). As cadeias laterais são compostas por duas a cinco unidades de (1 \rightarrow 3) β -D-galactopiranosil unidas à cadeia principal por ligações 1 \rightarrow 6. As cadeias principal e lateral contêm unidades de α -L-arabinofuranose, α -L-ranopiranosose, β -D-glucuronopiranosose e 4-O-metil- β -D-glucuronopiranosose, sendo os dois últimos principalmente unidades terminais (RENARD et al., 2014).

A goma arábica dissolve prontamente em água, gerando soluções claras que variam da coloração amarelo muito pálido para laranja dourado, e com um pH de aproximadamente 4,5. Outra grande característica funcional da goma arábica é sua habilidade de agir como um emulsificante. As cadeias de polipeptídios hidrofóbicos adsorvem e ancoram as moléculas na superfície, enquanto os blocos de carboidrato inibem a floculação e coalescência por fenômeno de repulsão eletrostática e estérica (DAUQAN e ABDULLAH, 2013; SULIEMAN, 2018).

Figura 10- Estrutura química da goma arábica.



Fonte: Dauqan e Abdullah (2013).

Dispersões coloidais estão incluídas em inúmeros produtos alimentícios. Na maioria desses produtos, proteínas e polissacarídeos estão disponíveis juntos, e ambas as macromoléculas adicionam à estrutura, superfície e estabilidade. As proteínas são os principais estabilizadores, e os polissacarídeos aumentam a estabilidade por meio de suas práticas de espessamento e balanceamento estérico, portanto, de seu movimento superficial ou de sua colaboração com proteínas. Alguns polissacarídeos, incluindo as gomas, têm sido utilizados para melhorar a confiabilidade da emulsão. Portanto, a goma arábica é utilizada na produção de muitos produtos lácteos, como sorvete, picolés e sorbets (SULIEMAN, 2018).

2.5 Análise sensorial

A apreciação do sorvete começa no modo visual à medida que é servido, mas sua avaliação definitiva ocorre na boca, usando movimentos da língua e o envolvimento de outras estruturas orais enquanto o produto derrete à medida que a temperatura aumenta. É geralmente aceito que, para uma boa textura de sorvete, os compostos precisam interagir de maneira equilibrada, fornecendo uma estrutura uniforme que se reflete em um sorvete macio, leve e cremoso. Vários trabalhos tratam da avaliação sensorial do sorvete. Normalmente, eles descrevem mudanças nos atributos sensoriais com a reformulação, como na substituição de gordura, proteínas e sacarose, adicionando estabilizantes e diferentes tipos de farinhas ou fibras (VARELA, PINTOR e FISZMAN, 2014).

A análise descritiva sensorial é uma das ferramentas mais sofisticadas e amplamente utilizadas na ciência sensorial. Essa metodologia permite medir a reação sensorial aos estímulos resultantes do consumo de um produto, fornecendo uma descrição dos aspectos qualitativos e quantitativos da percepção humana e permitindo correlações com outros parâmetros. A descrição das características sensoriais de um produto é constantemente utilizada pela indústria de alimentos, orientando o desenvolvimento do produto para corresponder ao ideal dos consumidores, para se aproximar de uma referência, para verificar o efeito dos ingredientes ou processos, para fins de controle de qualidade, para rastrear as alterações do produto ao longo do tempo e correlacionar-se com as medições instrumentais. Na pesquisa acadêmica, também tem sido um recurso valioso, permitindo o estabelecimento de correlações com medições analíticas, ajudando a explicar como as mudanças na textura, sabor, aroma ou características estruturais e microestruturais determinam diferentes caracteres sensoriais e permitem entender melhor os mecanismos subjacentes da percepção sensorial (VARELA e ARES, 2012).

O teste de Dominância Temporal das Sensações (TDS) tem sido utilizado para estudar a aparência e evolução ao longo do tempo de diferentes atributos sensoriais desenvolvidos durante o consumo de alimentos. Com esse método sensorial, os provadores podem indicar qual sensação é dominante (de uma lista predeterminada de vários atributos) durante o período de avaliação (LABBE et al, 2009; PINEAU et al., 2012). Suas percepções são representadas por curvas que mostram com que frequência cada sensação foi considerada dominante durante o período da avaliação. É um método descritivo de atributos múltiplos, rápido e eficaz, quando comparado a outros testes sensoriais dinâmicos usados para avaliar o conjunto de sensações induzidas por um determinado alimento. As respostas do TDS podem ser vinculadas à aceitação, usando os dados temporais para obter uma melhor compreensão da resposta do consumidor (VARELA, PINTOR e FISZMAN, 2014; RODRIGUES et al., 2016).

A metodologia Check-All-That-Apply (CATA) é a técnica que mais vem sendo utilizada para coletar informações sobre a percepção dos consumidores sobre as características sensoriais dos produtos (ALCANTARA e FREITAS-SÁ, 2018). O formato da metodologia CATA permite aos consumidores escolher todos os atributos possíveis para descrever o produto, a partir de uma lista apresentada. Os termos desta lista podem ser gerados por um painel de avaliadores treinados ou por um grupo de consumidores ao testar o produto (por exemplo, em um grupo focal). Foi demonstrado que as diferenças nas avaliações sensoriais entre consumidores treinados e não treinados são mínimas, sendo assim, o pesquisador é quem decide sobre qual método é mais apropriado. Além disso, os descritores não são restritos aos atributos sensoriais do produto, mas também podem estar relacionados ao uso do produto ou ao conceito em que se encaixam (DOOLEY et al., 2010).

Esse tipo de metodologia tem a vantagem de coletar informações sobre os atributos percebidos do produto sem exigir escala, permitindo uma descrição um pouco menos artificial das principais propriedades sensoriais do produto testado (dependendo de como os termos são criados). Como as respostas estão diretamente ligadas à percepção dos consumidores das características do produto, podem ser utilizadas como dados suplementares, para maximizar a aceitação dos produtos (DOOLEY et al., 2010; ALCANTARA e FREITAS-SÁ, 2018).

Os testes afetivos também desempenham um papel muito importante na análise sensorial, pois são eles que permitem que a opinião direta do consumidor sobre as características de um determinado produto seja avaliada. A determinação da aceitação pelo consumidor é parte crucial no processo de desenvolvimento ou melhoramento de produtos. Os testes afetivos requerem equipe com grande número de participantes e que representem a população de consumidores atuais e/ou potenciais do produto. Entre os métodos mais empregados na medida de aceitação de produtos está a escala hedônica de nove pontos,

devido a sua simplicidade, confiabilidade e validade nos resultados (CHAVES e SPROSSER, 2001; STONE, e SIDEL, 2004).

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Produzir e caracterizar a farinha de casca liofilizada de manga e avaliar sua aplicação, como fonte de fitoquímicos bioativos, em formulações de sorvete com reduzido teor de gordura, otimizadas por metodologia de superfície de resposta.

3.2 Objetivos Específicos

- Produzir e caracterizar a farinha de casca de manga liofilizada, quanto à sua composição química, parâmetros físico-químicos, microbiológicos e a presença de possíveis antinutrientes;
- Otimizar as formulações de sorvete quanto a porcentagem de polpa e farinha de casca liofilizada de manga na formulação, utilizando o Delineamento Composto Central Rotacional como ferramenta matemática e estatística, com base nas propriedades de textura, derretimento, *overrun*, análise instrumental da cor e propriedades de oxidação;
- Otimizar a formulação de sorvete quanto a concentração de diferentes substitutos de gordura (inulina, goma guar e goma arábica) com base nas propriedades de textura, derretimento e *overrun*, utilizando o Delineamento Composto Central Rotacional associado à metodologia de superfície de resposta;
- Caracterizar o sorvete otimizado com polpa de manga, farinha de casca liofilizada de manga e substituto de gordura quanto à sua composição química, parâmetros físico-químicos, análise instrumental da cor e propriedades de oxidação;
- Realizar a caracterização sensorial através dos testes de Dominância Temporal das Sensações (TDS), Check All That Apply (CATA), Aceitação e Intenção de Compra da formulação base do sorvete (A), da formulação otimizada com polpa e farinha de casca liofilizada de manga (B) e com a formulação otimizada com polpa e farinha de casca liofilizada de manga e reduzido teor de gordura (C).

4. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no Núcleo de Estudos em Ciência de Alimentos (NECAL), no Laboratório de Tecnologia de Produtos de Origem Vegetal (LTPOV), no Centro de Desenvolvimento e Difusão de Tecnologias (CEDETEC), no Laboratório de Pesquisas de Produtos Naturais (LAPRON), no Laboratório de Análises de Alimentos, no Laboratório de Análise Sensorial e no Laboratório de Nutrição Animal, todos pertencentes à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), *campus* de Itapetinga. Além destes, contou-se ainda com a colaboração da Universidade Federal da Bahia (UFBA), *campus* Salvador-BA, para realização da análise de minerais. Todas as análises foram realizadas em triplicata. Todos os reagentes utilizados foram de grau analítico.

4.1 Obtenção dos frutos in natura e preparo da polpa e casca de manga

Utilizou-se mangas da variedade Tommy Atkins, no estágio de maturação maduras, obtidas na Central de Abastecimento (CEASA) da cidade de Vitória da Conquista – BA, nos meses setembro e dezembro de 2016 e abril de 2017, constituindo três lotes de aproximadamente 40 kg cada. As frutas foram transportadas em caixas de papel para o Laboratório de Tecnologia de Produtos de Origem Vegetal, onde foram lavadas com solução detergente, enxaguadas em água clorada e sanitizadas em solução de hipoclorito de sódio a 200 mg.L⁻¹. Foram então, descascadas manualmente com auxílio de facas previamente higienizadas, acondicionadas separadamente (polpa e casca) em sacos plásticos de polietileno de baixa densidade. Posteriormente foram congeladas à -18 °C até o momento das análises. As cascas foram liofilizadas, sendo previamente armazenadas à -80 °C.

4.2 Produção da farinha de casca de manga liofilizada (FCML)

Para liofilização das cascas de manga utilizou-se um liofilizador Terroni (modelo LV 2000, Brasil), regulado para -35 °C. Posteriormente, as amostras foram embaladas em sacos plásticos de polietileno de baixa densidade. Sequencialmente, trituradas em moinho de bola Marconi MA 350 (Piracicaba, São Paulo, Brasil). Padronizou-se o tamanho das partículas em peneira inox 28 mesh (ABNT/ASTM 30). As farinhas assim obtidas foram acondicionadas em sacos plásticos laminados, e armazenadas em vidros, até o momento das análises.

Os rendimentos das farinhas após o processo de liofilização (FCML) foram calculados mediante a relação entre a massa das cascas, na forma de pó, e a massa das cascas antes da secagem, conforme Equação 3.

$$R(\%) = \frac{PF}{PI} * 100 \quad \text{Eq. 3}$$

Onde:

R: Rendimento;

PF: Peso final da farinha obtida (kg);

PI: Peso inicial das cascas de manga (kg).

4.3 Análises físico-químicas gerais da polpa e da casca de manga in natura

Para determinações físico-químicas gerais utilizou-se polpa (PM) e cascas das mangas (CM).

4.3.1 Determinação da atividade de água (A_a)

Determinou-se a atividade de água (A_a) em aparelho marca Aqualab - 3TE - Decagon (EUA), cuja leitura dos dados foi realizada por medida direta, à temperatura de 25 °C.

4.3.2 Determinação do pH

Realizou-se as medidas de pH por potenciometria, conforme a metodologia nº 981.12 descrita pela AOAC (2010). As leituras foram realizadas diretamente em pHmetro digital marca BEL W3B (Bel Engineering, Milão, Itália) previamente calibrado.

4.3.3 Determinação da acidez titulável total (ATT)

Determinou-se através do método acidimétrico, conforme metodologia nº 942.15 descrita pela AOAC (2010). As amostras foram tituladas com solução de NaOH 0,1M, utilizando-se solução de fenolftaleína como indicador. Os resultados foram expressos em g de ácido cítrico por 100 g de amostra.

4.3.4 Determinação do teor de umidade

Realizou-se a partir de 3 g de amostra em estufa a 105 °C, marca Fanem 315 SE (São Paulo, Brasil), até atingir peso constante, segundo metodologia nº 984.25 da AOAC (2010). Os resultados foram expressos em porcentagem.

4.3.5 Determinação do ácido ascórbico

Utilizou-se o método titulométrico, com iodato de potássio, segundo metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008). Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100 g de amostra.

4.3.6 Determinação de cinzas

Determinou-se o teor de cinzas pela calcinação da amostra em forno do tipo mufla Forlabo Ltda (Diadema, São Paulo, Brasil), à temperatura de 550 ± 2 °C, conforme metodologia nº 925.51 do AOAC (2010). Os resultados foram expressos em porcentagem.

4.3.7 Determinação de lipídeos totais

Determinou-se conforme o método Bligh e Dyer (1959). A fração lipídica foi extraída através de uma mistura de solventes (clorofórmio, metanol e água na proporção de 1: 2: 0,8). Os resultados foram expressos em porcentagem.

4.3.8 Determinação da fibra alimentar

Os teores de fibras solúveis (FS), insolúveis (FI) e totais (FT) foram determinados pelo método enzimático-gravimétrico. A metodologia baseia-se na determinação do peso do resíduo resultante da eliminação do amido e da proteína, por meio da hidrólise enzimática (α -amilase, protease e amiloglicosidase), e posterior precipitação das fibras na presença de etanol (AOAC, 2010). As análises foram realizadas no Laboratório Amazile Biagioni Maia – LABM, localizado em Juiz de Fora – MG.

4.3.9 Determinação de proteínas totais

Determinou-se através do método micro Kjeldahl, conforme metodologia da AOAC (2010). Os resultados foram expressos em porcentagem.

4.3.10 Determinação de sólidos solúveis totais (SST)

Determinou-se o teor de SST totais das amostras por refratometria, utilizando refratômetro portátil (Quimis, USA), com escala graduada em °Brix (AOAC, 2010).

4.3.11 Determinação de carboidratos redutores, não redutores e totais

Determinou-se pelo método do ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS), segundo Miller (1959). Os resultados foram expressos em g de glicose por g de amostra. Calculou-se o teor de açúcar não redutor pela diferença entre os teores de açúcar total e açúcar redutor, e os resultados foram expressos em g de sacarose por g de amostra.

4.3.12 Determinação instrumental de cor

Os parâmetros de cor foram determinados através de leitura direta em colorímetro modelo ColorQuest XE (HunterLab - Reston, Virginia, USA), de acordo com o sistema de três coordenadas Cielab, proposto pela *Commission Internationale de l'Eclairage* (CIE, 1971), obtendo-se os valores de L*, a* e b*; onde: L determina a luminosidade, a* a transição da cor verde (-a*) para a cor vermelha (+a*) e b* a transição da cor azul (-b*) para a cor amarela (+b*).

4.3.13 Determinação da composição mineral

4.3.13.1 Instrumentação

A determinação dos analitos foi realizada empregando-se espectrômetro de emissão óptica com plasma de argônio indutivamente acoplado, VISTA PRO (Varian, Mulgrave, Austrália) simultâneo com arranjo axial, com câmara de nebulização Sturman-Master e nebulizador V-Groove, equipado com detector de estado sólido com arranjo CCD (dispositivo de carga acoplada) e que opera em comprimentos de onda na faixa de 167 a 785 nm. O sistema óptico do equipamento foi calibrado com solução de referência multielementar e o alinhamento da tocha foi realizado com uma solução de Mn 5,0 mg.L⁻¹. As linhas espectrais

foram selecionadas considerando-se as intensidades dos sinais de emissão dos analitos, a sensibilidade adequada para a determinação de elementos em baixas e altas concentrações e a ausência de interferências espectrais. Argônio com 99,998% de pureza (White Martins, Brasil) foi utilizado como gás de arraste numa vazão de 2,0 L.min⁻¹. Todas as determinações foram realizadas com três repetições expressas em miligramas de mineral correspondente por quilograma de amostra (mg.kg⁻¹). As condições operacionais do equipamento estão apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5- Condições operacionais e instrumentais do espectrômetro de emissão atômica com plasma acoplado indutivamente.

Parâmetros	Condições operacionais	
Radiofrequência do gerador (MHz)		40
Potência do gerador de radiofrequência (kW)		1,3
Câmara de nebulização	Struman-Masters	
Nebulizador	V-Groove	
Tempo de integração do sinal (s)		1
Vazão do argônio principal (L min ⁻¹)		15
Vazão do argônio auxiliar (L min ⁻¹)		1,5
Vazão do argônio de nebulização (L min ⁻¹)		0,8
Pressão de nebulização (kPa)		200
Velocidade da bomba peristáltica (mL.min ⁻¹)		2
Detector CCD Linha de emissão (nm)	Bário (Ba)	285,213
	Carbono (C)	193,027
	Cálcio (Ca)	422,673
	Cobre (Cu)	324,754
	Ferro (Fe)	238,204
	Potássio (K)	766,491
	Magnésio (Mg)	285,213
	Manganês (Mn)	257,610
	Sódio (Na)	588,995
	Fósforo (P)	213,618
	Zinco (Zn)	213,857

4.3.13.2 Preparo das amostras

Inicialmente todas as vidrarias foram descontaminadas por submersão em solução aquosa de ácido nítrico 10% (v.v⁻¹) por 24 horas e depois enxaguadas com água ultrapura. Ácido nítrico concentrado (Merck, Darmstadt, Germany) foi utilizado no preparo das soluções de referência e na etapa de decomposição das amostras. Utilizou-se também peróxido de hidrogênio (Merck, Darmstadt, Germany) no procedimento de decomposição das amostras. Todas as soluções foram preparadas com água ultrapura (18,2 MΩ cm⁻¹) obtida a partir de um sistema purificador de água Milli-Q (Milipore Corporation, Bedford, Estados Unidos).

O procedimento de decomposição ácida para a farinha da casca de manga liofilizada consistiu na adição nos tubos de digestão de 0,5 g de amostra e 3 mL de ácido nítrico concentrado deixando em capela de exaustão por 24 h. Após esse período, no interior da capela de exaustão, as amostras foram aquecidas em chapas aquecedoras até à fervura (~150 °C). Após 30 min, foi adicionado 1 mL de peróxido de hidrogênio. Decorrido uma hora de digestão foram adicionados 3 mL de ácido nítrico, acrescidos de 2 mL de peróxido de hidrogênio.

Para a decomposição da polpa de manga adicionou-se nos tubos de digestão 2 g de amostra e 2 mL de ácido nítrico concentrado. No interior da capela de exaustão, as amostras foram aquecidas em chapas aquecedoras até a fervura (~150 °C). Após 30 min, foi adicionado 1 mL de peróxido de hidrogênio. Decorrido uma hora de digestão foi adicionado 1 mL de ácido nítrico, acrescidos de 1 mL de peróxido de hidrogênio.

As amostras foram mantidas nessa condição até a formação de solução límpida, sem coloração amarela. Após o resfriamento, as amostras digeridas foram transferidas para tubos falcon descontaminados e desmineralizados, e completados o volume para 12,5 mL com água deionizada. Para garantia da inexistência de contaminação pelos reagentes, soluções dos reagentes (brancos analíticos) foram digeridas. Os brancos analíticos constituíram-se da mesma mistura, ácido nítrico e peróxido de hidrogênio, usada na digestão, sem a presença da amostra.

4.4 Análises microbiológicas

Realizou-se as análises microbiológicas referentes à contagem de Bolores e Leveduras, Coliformes Termotolerantes, Coliformes Totais, *Estafilococos* coagulase positiva e pesquisa de *Salmonella ssp* nas amostras da farinha de casca de manga liofilizada e nas amostras do sorvete. Tais procedimentos seguiram a metodologia oficial recomendada pelo

Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2003). As análises da farinha liofilizada foram realizadas pelo laboratório JLA Brasil Laboratório de Alimentos SA, unidade localizada na cidade de Mirassol, São Paulo, Brasil; e as análises do sorvete foram realizadas pelo laboratório NutriSegura Laboratório de Análises de Alimentos e Água localizado na cidade de Vitória da Conquista, Bahia, Brasil.

4.5 Caracterização química e determinação de fitoquímicos bioativos da FCML

Para a caracterização química da FCML foram realizadas as análises descritas no item 4.3 para PM e CM, além das análises para determinação de fitoquímicos bioativos e investigação de antinutrientes.

4.5.1 Determinação de fitoquímicos bioativos

4.5.1.1 Determinação de constituintes fenólicos totais (CFT)

Determinou-se os CFT de acordo com metodologia da ISO 14502-1 (2006), utilizando o reagente de Folin-Ciocalteu. O ensaio fundamenta-se na redução dos ácidos fosfomolibdico – fosfotungstíco pelas hidroxilas fenólicas, originando óxidos azuis de tungstênio e de molibdênio, onde a coloração permite determinar a concentração das substâncias redutoras. Para quantificação utilizou-se uma curva analítica de ácido gálico em diferentes concentrações. Os resultados foram expressos em mg de equivalentes de ácido gálico (EAG) por 100 g de amostra.

4.5.1.2 Determinação de ácidos fenólicos individuais por CLAE

A análise dos constituintes fenólicos individuais foi realizada de acordo com López-Cobo et al (2017). Inicialmente, 0,5 g da farinha da casca de manga liofilizada foram dissolvidos em 10 ml de solução metanol/água (80:20, v.v⁻¹). A mistura foi levada para banho ultrassônico por 15 minutos e então foi centrifugada por 15 minutos a 1000 g, o sobrenadante foi removido e o extrato foi filtrado em filtro de celulose 0,2 µm (Milipore, Bedford, MA, USA) e armazenado a -18 °C até a realização da análise. Os compostos foram quantificados por meio do sistema HPLC-DAD (SHIMADZU SPD-M20A, Kyoto, Japão) composto por uma coluna Shim-pack CLC-ODS, 150 x 6 mm, à temperatura de 40 °C. O gradiente de eluição foi programado usando como fase móvel (solvente A), água acidificada (1% de ácido

acético), e acetonitrila (solvente B). O programa de gradiente consistiu em: 0 min, 0,8% B; 5,5 min, 6,8% B; 16 min, 20% B; 20 min, 25% B, 25 min, 35% B, 29 min, 100% B; 32 min, 100% B; 34 min, 0,8% B; 36 min, 0,8% B. A coluna foi equilibrada por 5 min antes das análises. O volume de injeção da amostra foi de 20 µl e utilizada taxa de fluxo de 0,8 ml.min⁻¹. Os constituintes fenólicos foram identificados de acordo com os tempos de retenção e as características espectrais dos picos com padrões.

Foram utilizados 13 padrões: ácido caféico, ácido clorogênico, ácido cumárico, ácido ferúlico, ácido gálico, cafeína, catequina, epicatequina, kampfferol, pirocatequina, quercetina, rutina e teobromina (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA).

4.5.1.3 Determinação de flavonoides totais

Determinou-se os flavonoides totais de acordo com He, Liu e Liu (2008). O ensaio é baseado no borohidreto de sódio/cloranil. O teor de flavonoides total foi expresso em miligramas equivalentes de catequina por 100 g de amostra.

4.5.1.4 Determinação de taninos condensados

Os taninos condensados foram quantificados empregando o método butanol-ácido, de acordo a metodologia recomendada por Porter et al. (1991). Resultados expressos em mg de catequina por 100 g de amostra. Esse método baseia-se na despolimerização oxidativa dos taninos condensados, catalisada por ácido, resultando em antocianidina.

4.5.1.5 Determinação de carotenoides totais

Os carotenoides foram determinados por espectrofotometria, segundo metodologia proposta por Kimura e Rodriguez-Amaya (2003). Os resultados foram expressos em mg de carotenoides por 100 g de amostra.

4.5.2 Investigação de antinutrientes

4.5.2.1 Determinação titulométrica de fitatos

O teor de fitatos foi determinado de acordo com o ensaio proposto por Ruiz de Lope et al. (1982) com adaptações. O método baseia-se na precipitação do ácido fítico em solução

com excesso de Fe (III) na presença de ácido sulfossalicílico. O ácido sulfossalicílico é indicador do ponto final na titulação complexométrica do excesso de Fe (III). Os resultados foram expressos por g de ácido fítico por 100 g de amostra.

4.5.2.2 Determinação titulométrica de oxalatos

O teor de oxalato foi determinado de acordo com o método proposto por Loures e Jokl (1990). Os resultados foram expressos em mg de oxalato por 100 g de amostra. O ensaio fundamenta-se na extração do ácido oxálico sob aquecimento, na presença do ácido clorídrico, sendo precipitado e quantificado pela titulação do oxalato de cálcio com permanganato de potássio.

4.5.2.3 Determinação da atividade hemaglutinante

Utilizou-se metodologia proposta por Figueroa e Lajolo (1997). O ensaio consiste na extração da hemaglutinina da amostra em solução de NaCl, agitando-se por três horas, à temperatura ambiente e filtrando-se o extrato. A estimativa da atividade aglutinante é realizada em placa de microtitulação, adicionando-se suspensão de eritrócitos (sangue humano) com o extrato da amostra, em uma série de diluições, deixando-se em repouso por 1 hora, à temperatura ambiente, com verificação, por meio da leitura visual, da presença ou não de aglutinação das células sanguíneas. Como controle negativo foi utilizado apenas suspensão de eritrócitos.

4.5.2.4 Determinação espectrofotométrica de nitratos

Utilizou-se metodologia proposta por Cataldo et al. (1975). O ensaio fundamenta-se na complexação do ácido salicílico pelo íon nitrato sendo as absorvâncias medidas em espectrofotômetro (Shimadzu UV mini-1240, Duisburg, Germany) a 410nm. O nitrato foi extraído com água deionizada a 45 °C. A mistura reacional foi constituída de 0,25 mL do extrato e 0,8 mL de ácido salicílico 5% (v.v⁻¹) em H₂SO₄ concentrado. A mistura foi mantida em repouso por 20 minutos a temperatura ambiente. Posteriormente, o pH foi ajustado para 12 pela adição de 19 mL de NaOH 2 N. Para quantificação do nitrato foram construídas curvas analíticas, utilizando como padrão analítico soluções de nitrato de potássio com diferentes concentrações. Os resultados foram expressos em mg de nitrato por 100 g de amostra.

4.5.2.5 Determinação espectrofotométrica de saponinas totais

Procedimento proposto por Vigo et al. (2003), utilizando cloreto de cobalto como reagente cromogênico em meio ácido e absorbância medida em espectrofotômetro a 284 nm. Os resultados foram expressos em g de saponina por 100 g de amostra.

4.5.3. Investigação da atividade hemolítica

4.5.3.1 Obtenção de eritrócitos humano

Os eritrócitos foram obtidos a partir de coletas de sangue venoso de pessoas voluntárias sadias e não fumantes. Os voluntários assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), previamente aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CAAE: 64801417.5.0000.0056). As coletas foram realizadas por profissional habilitado do campus Juvino Oliveira, em Itapetinga, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB).

4.5.3.2 Preparo da solução de eritrócitos

A solução de eritrócitos foi preparada de acordo como descrito por Gião et al. (2010), as amostras de sangue foram centrifugadas a 1000 x g por 15 min, sendo desprezado o sobrenadante (plasma). A camada inferior, constituída de eritrócitos foi adicionada de tampão fosfato salino (PBS) a pH 7,4 e 10 mM. Posteriormente centrifugado a 1000 x g por 10 min. O sobrenadante foi removido e os eritrócitos foram lavados com PBS até o sobrenadante ficar transparente. Os eritrócitos foram reconstituídos com PBS de forma a obter uma solução a 10%.

4.5.3.3 Efeito sobre a hemólise

O ensaio foi conduzido de acordo o método proposto por Latoud (1986) com adaptações propostas por Zhen et al. (2015). A mistura reacional foi constituída de 1 mL da suspensão de eritrócitos, 1 mL da amostra e 2 mL do tampão fosfato salino. Para cada amostra preparou-se um tubo branco, onde a suspensão de eritrócitos foi substituída pelo tampão fosfato salino. Como controle positivo foi utilizada a suspensão de eritrócitos adicionada de água. Para o controle negativo utilizou-se a suspensão de eritrócitos e o tampão fosfato salino.

As misturas foram incubadas a 37 °C por 60 min. A reação foi interrompida pela adição de 2 mL de PBS (4 °C). Posteriormente, as soluções foram centrifugadas a 1000 x g por 10 min. As leituras das absorvâncias foram realizadas em espectrofotômetro a 540 nm. Os resultados foram expressos em % de hemólise de acordo a Equação 4.

$$\% \text{ Hemolise} = \left[\frac{(A_{\text{amostra}} - A_{\text{controle negativo}})}{(A_{\text{controle positivo}} - A_{\text{controle negativo}})} \right] - 100 \quad (\text{Eq. 4})$$

Onde:

A_{amostra} : absorvância da amostra;

$A_{\text{controle negativo}}$: absorvância do controle negativo;

$A_{\text{controle positivo}}$: absorvância do controle positivo.

4.5.4 Análise de resíduos de agrotóxicos/pesticidas

Foram pesquisados 495 resíduos de agrotóxicos e/ou pesticidas. As análises foram realizadas por LC-MS/MS e GC-MS/MS pelo laboratório JLA Brasil Laboratório de Alimentos SA, unidade localizada na cidade de Mirassol, São Paulo, Brasil.

4.6 Determinação da capacidade antioxidante

4.6.1 Ensaio do radical ABTS^{•+}

Determinou-se a capacidade antioxidante pelo método do radical ABTS^{•+} em conformidade com Re et al. (1999). Previamente gerou-se o radical ABTS^{•+} a partir da mistura reacional da solução aquosa de ABTS 7 mM em 2,45 mM de persulfato de potássio, manteve-se essa mistura ao abrigo da luz, à temperatura ambiente por 16 horas. A solução radicalar foi diluída em etanol até obter uma absorvância $0,7 \pm 0,05$ a 734 nm, medida em espectrofotômetro (UV mini 1240, Shimadzu Co). O ensaio fundamenta-se na redução do radical ABTS^{•+} de coloração azul-esverdeado, relativamente estável, por antioxidantes, resultando em num produto incolor oxidado ABTS.

As diluições foram determinadas de maneira a garantir a redução de no mínimo 50% do ABTS inicial. Os resultados foram expressos em Concentração Efetiva 50% (CE₅₀), CE₅₀ mg.mL⁻¹.

4.6.2 Ensaio da inibição da co-oxidação do sistema β -caroteno e ácido linoleico

A capacidade antioxidante foi determinada de acordo com a metodologia descrita por Marco (1968), adaptado por Rufino et al. (2006). Esse ensaio fundamenta-se na descoloração do β -caroteno induzida pelos produtos da degradação oxidativa do ácido linoléico. Os resultados são expressos em porcentagem de inibição da oxidação (% proteção).

4.6.3 Ensaio do poder redutor (PR)

Avaliou-se o poder redutor conforme o procedimento descrito por Oyaizu (1986). O ensaio fundamenta-se na capacidade dos antioxidantes para reduzir o complexo Fe (III)/ferricianeto $[\text{FeCl}_3/\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6]$ à forma ferrosa, Fe (II), em meio ácido para manter a solubilidade do ferro. Observando-se assim, a mudança da coloração amarela (Fe_3^+ /ferrocianeto) para tons de verde ou azul, Fe (II). As leituras das absorvâncias foram realizadas a 700 nm. Os resultados foram expressos em $\text{CE}_{50} \text{ mg.mL}^{-1}$.

4.7 Formulação do sorvete de manga e elaboração das formulações contendo a farinha da casca de manga liofilizada e substitutos de gordura

Para a elaboração do sorvete sabor manga foi utilizada uma formulação padrão (FP). A partir desta, foram obtidas as demais formulações com diferentes concentrações de PM e de FCML. Todas as formulações foram elaboradas em triplicata. A porcentagem de ingredientes da formulação padrão está apresentada na Tabela 6.

Tabela 6- Formulação de sorvete padrão sabor manga.

Ingredientes	g.100 g⁻¹
Leite integral	60
Açúcar refinado	17
Leite em pó	7
Emulsificante	0,5
Estabilizante	0,5
Creme de leite	15

Para a produção dos sorvetes foram utilizados leite integral e creme de leite integral (20% gordura) ambos marca Leitíssimo (Leitíssimo S. A., Goiás, Brasil), leite em pó marca

La Sereníssima (Masterllone Hermanos S. A., Argentina), açúcar refinado marca União (Camil Alimentos, São Paulo, Brasil), estabilizante e emulsificante marca Selecta (Duas Rodas Industrial Ltda, São Paulo, Brasil). O estabilizante consiste em uma mistura de açúcar, goma guar (INS 412), carboximetilcelulose (INS 466) e goma tara (INS 417); o emulsificante consiste em uma mistura de água, monoglicerídeos de ácidos graxos destilados (INS 471), sal de ácidos graxos (INS 470), monoestearato de sorbitana (INS 491) e polioxietileno de monoestearato de sorbitana (INS 435), conforme informado nos rótulos dos produtos.

O efeito da aplicação de diferentes concentrações de polpa de manga (X_1) e farinha da casca de manga liofilizada (X_2) foi estudado através de um delineamento composto central rotacional (DCCR), contendo 4 pontos fatoriais, 4 pontos axiais e 5 pontos centrais, totalizando 13 ensaios. O delineamento adotado está apresentado nas Tabelas 7 e 8. As faixas de variação entre o limite inferior e o superior de cada variável independente (PM e FCML) foram estabelecidas a partir de testes preliminares. Porém, para a PM o limite mínimo foi definido de acordo com a Portaria 379 de 26 de abril de 1999 (BRASIL, 1999), que estabelece que em gelados comestíveis cuja denominação signifique ou dê a entender que contem frutas ou produtos de frutas, deverão ter no mínimo 3% de fruta fresca, polpa, suco ou seu equivalente.

A melhor formulação obtida, de acordo com os parâmetros avaliados (textura, derretimento, *overrun*, análise instrumental da cor e propriedades de oxidação) serviu de base para as formulações do sorvete com substituição total da gordura utilizando diferentes concentrações de inulina, goma guar e goma arábica (Metachem Ind. e Com. S/A, São Paulo, Brasil). As diferentes combinações e concentrações testadas com gomas substituíram o creme de leite utilizado na formulação padrão. Para esta nova formulação, o leite integral e o leite em pó integral também foram substituídos por leite desnatado e leite em pó desnatado ambos marca Leitíssimo (Leitíssimo S. A., Goiás, Brasil). Os parâmetros avaliados para o segundo estudo foram as propriedades de textura, derretimento e *overrun*. Assim, utilizou-se outro DCCR, contendo 8 pontos fatoriais, 6 pontos axiais e 5 pontos centrais, totalizando 19 ensaios. Este delineamento está apresentado nas Tabelas 9 e 10.

As faixas de variação entre o limite inferior e o superior das variáveis independentes (inulina, goma guar e goma arábica) foram estabelecidas a partir de testes preliminares. Porém, para as gomas guar e arábica, o limite máximo foi definido de acordo com a Resolução CNS/MS nº 04, de 24 de novembro de 1988 (BRASIL, 1988), regulamento técnico que aprova o uso de aditivos alimentares, estabelecendo suas funções e seus limites máximos para a categoria de "Alimentos 19 - Sobremesas". Este regulamento estabelece que em gelados comestíveis a adição das referidas gomas deverão ser de no máximo 0,5 %.

Tabela 7- Níveis codificados e reais das variáveis independentes para PM e FCML.

Variáveis independentes (%)	Níveis codificados e reais das variáveis independentes				
	-1,414	-1	0	1	1,414
Polpa (X ₁)	4	5,17	8	10,83	12
Farinha (X ₂)	1	1,25	3	4,75	5

Tabela 8- Planejamento dos Ensaios do DCCR para concentrações de PM e FCML.

Formulação	X ₁	X ₂	PM %	FCML %
1	-1	1	5,17	4,75
2	1	-1	10,83	1,25
3	-1	-1	5,17	1,25
4	1	1	10,83	4,75
5	-1,414	0	4	3
6	1,414	0	12	3
7	0	-1,414	8	1
8	0	1,414	8	5
9	0	0	8	3
9	0	0	8	3
9	0	0	8	3
9	0	0	8	3
9	0	0	8	3
9	0	0	8	3

Tabela 9- Níveis codificados e reais das variáveis independentes para os substitutos de gordura.

Variáveis independentes (%)	Níveis codificados e reais das variáveis independentes				
	-1,68	-1	0	1	1,68
Inulina (X ₁)	1	1,81	3	4,19	5
Goma Guar (X ₂)	0,1	0,181	0,3	0,419	0,5
Goma Arábica (X ₃)	0,1	0,181	0,3	0,419	0,5

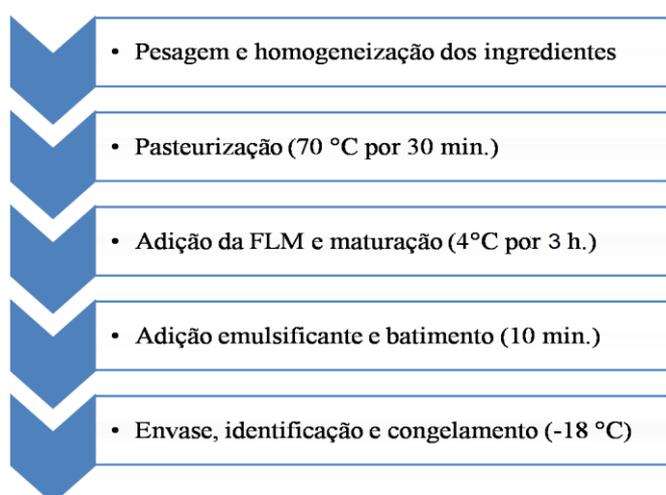
As etapas do processamento dos sorvetes estão ilustradas na Figura 11. Primeiramente fez-se a pesagem e homogeneização dos ingredientes líquidos (leite, creme de leite e PM), sequencialmente foi adicionada a mistura dos ingredientes em pó (açúcar, leite em pó, estabilizante e as gomas, quando no processamento do sorvete com substituição de gordura). A calda formada foi pasteurizada a 70 °C por 30 minutos, resfriada, adicionada da FCML e levada para a maturação por aproximadamente 3 horas a 4 °C. Após este tempo adicionou-se o emulsificante (como recomendado pelo fabricante do produto), a calda então, foi submetida

ao processo de batimento durante 10 minutos para incorporação de ar. Finalmente, procedeu-se o envase, identificação das embalagens e congelamento a -18 °C.

Tabela 10- Planejamento dos Ensaios do DCCR para substitutos de gordura.

Formulação	X ₁	X ₂	X ₃	Inulina	Guar	Arábica
1	-1,68	0	0	1	0,3	0,3
2	1,68	0	0	5	0,3	0,3
3	0	-1,68	0	3	0,1	0,3
4	0	1,68	0	3	0,5	0,3
5	0	0	-1,68	3	0,3	0,1
6	0	0	1,68	3	0,3	0,5
7	-1	-1	-1	1,81	0,181	0,181
8	-1	-1	1	1,81	0,181	0,419
9	-1	1	-1	1,81	0,419	0,181
10	1	-1	-1	4,19	0,181	0,181
11	-1	1	1	1,81	0,419	0,419
12	1	-1	1	4,19	0,181	0,419
13	1	1	-1	4,19	0,419	0,181
14	1	1	1	4,19	0,419	0,419
15	0	0	0	3	0,3	0,3
15	0	0	0	3	0,3	0,3
15	0	0	0	3	0,3	0,3
15	0	0	0	3	0,3	0,3
15	0	0	0	3	0,3	0,3

Figura 11- Fluxograma do processamento para obtenção dos sorvetes.



Fonte: a autora.

4.8 Caracterização química e físico-química do sorvete de manga enriquecido com FCML e substitutos de gordura

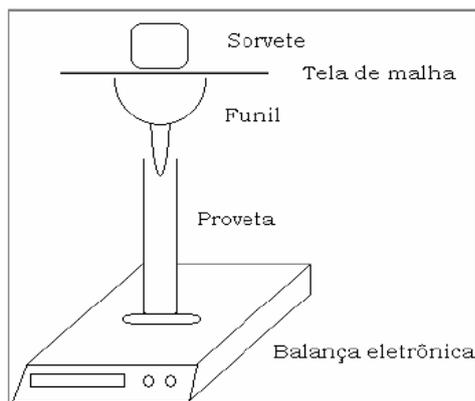
Para caracterização química e físico-química do sorvete de manga enriquecido foram realizadas as análises de pH, acidez total titulável, umidade, ácido ascórbico, lipídeos totais, proteína, carboidratos totais, redutores e não redutores, análise instrumental da cor (como apresentado no item 4.2); análises microbiológicas (como apresentado no item 4.3); determinação da capacidade antioxidante (item 4.6); acrescidas dos testes de derretimento (item 4.8.1), *overrun* (item 4.8.2), análise de textura (item 4.8.3) e microestrutura óptica (item 4.8.4).

4.8.1 Teste de derretimento

Utilizou-se a metodologia recomendada por Granger et al. (2005) e Correia et al. (2008) com adaptações. Amostras de 80 g de sorvete foram colocadas em freezer a -18 °C e em seguida transferiu-se para uma tela metálica com abertura de 0,5 cm, disposta sobre funil e proveta e balança analítica, conforme esquema ilustrativo mostrado na Figura 12; a temperatura ambiente foi mantida a 25 ± 1 °C e o volume de sorvete drenado foi registrado a cada dez minutos; a partir dos dados obtidos foram construídos gráficos do tempo em função da massa derretida. Foi utilizada regressão linear para determinar a taxa de derretimento dos sorvetes (g.t^{-1}) a partir da inclinação da reta, obtida através de sua porção linear. Os tempos iniciais de derretimento de cada formulação foram determinados, a partir do parâmetro b , utilizando o modelo de Gompertz (Equação 5):

$$f = ae^{-e^{-\left(\frac{X-X_0}{b}\right)}} \quad \text{Eq. 5}$$

Figura 12- Esquema de disposição dos utensílios para realização do teste de derretimento.



Fonte: Correia et al., 2008.

4.8.2 Teste de incorporação de ar (*overrun*)

Calculou-se o *overrun* segundo metodologia recomendada por Sung e Goff (2010). Pesou-se 10 ml da mistura após a maturação em béquer de vidro de 50 mL. Posteriormente, após a aeração e congelamento do sorvete, o mesmo volume foi pesado no mesmo béquer, e o valor anotado. A porcentagem de aumento de volume pela incorporação de ar foi calculada por meio da Equação 6:

$$\% \textit{overrun} = \frac{m_{\textit{mistura}} - m_{\textit{sorvete}}}{m_{\textit{sorvete}}} \times 100 \quad (\text{Eq.6})$$

Onde:

$m_{\textit{mistura}}$ = massa da mistura em gramas;

$m_{\textit{sorvete}}$ = massa do sorvete em gramas.

4.8.3 Análises de perfil de textura (TPA)

A análise instrumental do perfil de textura foi realizada utilizando um Analisador de Textura CT3 (AMETEK Brookfield, USA) equipado com uma célula de carga de 50 kg. Além disso, o Analisador de Textura foi programado de modo que o movimento descendente começasse a partir de um ponto a cinco milímetros acima da superfície do corpo de prova. As seguintes condições experimentais foram selecionadas para todos os ensaios de TPA: velocidade de pré-teste: 2,0 mm.s⁻¹, velocidade de teste: 2,0 mm.s⁻¹ e velocidade de pós teste: 2,0 mm.s⁻¹; 50% de compressão e um período de repouso de 5 s entre os dois ciclos; força de

gatilho (*trigger*) 1,0 N, e taxa de aquisição de dados de 200 pontos por segundo. Para a realização dos testes, as amostras foram moldadas em probes, em formato de cilindros de 2,5 cm de diâmetro e 3 cm de altura. Essas condições de configuração foram determinadas através de ensaios preliminares. Para se obter uma boa estimativa da textura dos sorvetes foram realizadas medições em quintuplicata. A programação do experimento e a coleta de dados foram realizadas por meio do programa computacional Texture ProCT V1.2 (Stable Micro Systems, UK). Quatro parâmetros de TPA foram automaticamente calculados de acordo com as definições de Bourne (2002) pelo programa, a partir da interpretação dos resultados obtidos no diagrama força x deformação: dureza, elasticidade, gomosidade e coesividade.

4.8.4 Microscopia óptica do sorvete

As amostras do sorvete foram colocadas em lâminas, cobertas com lamínulas de vidro e observadas em microscópio óptico invertido, com aumento de 40 vezes (Microscópio Invertido Taimin), acoplado a um software de captura de imagens (Image View 2003-2017, versão: x64, Copyright). A análise de microestrutura do sorvete foi realizada na amostra base, na amostra com PM e FCML e na amostra com PM, FCML e substitutos de gordura.

4.9 Análise sensorial do sorvete

4.9.1 Dominância temporal das sensações (TDS)

4.9.1.1 Recrutamento dos avaliadores, seleção de atributos, instruções e treinamento do painel

Quarenta questionários de recrutamento (Apêndice 1) foram distribuídos para pessoas que demonstraram interesse em participar e que já haviam participado de testes sensoriais. Dentre estas, vinte e cinco foram selecionadas para a etapa de pré-seleção por apresentarem disponibilidade de tempo, afinidade pelo produto, habilidade em trabalhar com escalas, conhecimentos sobre termos descritivos e condições de saúde que não comprometessem às análises. Assim, foi aplicado a estes avaliadores um Teste Triangular (ABNT, NBR ISO 4120, 2013), com cinco repetições, utilizando amostras de solução de sacarose (0,39%) e água. Foram selecionados os candidatos que acertaram no mínimo 80% do teste.

Dezessete avaliadores participaram do teste TDS. Foram realizadas três sessões preliminares de 1 hora para explicar a técnica do TDS, a noção de temporalidade das

sensações e dar aos avaliadores a chance de testar o software de coleta de dados e familiarizar-se com ele. Na primeira sessão, os avaliadores descreveram três amostras de sorvete diferentes, de marcas comerciais, e geraram uma lista de termos, concentrando-se principalmente na sensação dominante durante o período de fusão. Na segunda sessão, os atributos mais citados foram selecionados e suas definições e o protocolo para mensurá-los foram desenvolvidos. Durante a terceira sessão, os avaliadores participaram de uma sessão simulada de TDS com várias amostras de sorvete, a fim de familiarizar-se com o computador e a metodologia (PINEAU et al., 2009; PINEAU et al., 2012; VARELLA et al., 2014).

4.9.1.2 Avaliação sensorial formal

A avaliação do TDS ocorreu ao longo de três sessões realizadas em três dias diferentes para realizar três repetições. As amostras de sorvete A (sorvete base), B (sorvete com PM e FCML) e C (sorvete com PM, FCML e substituição de gordura) foram fornecidas em uma série monádica sequencial, devidamente codificada. Na tela do computador, constava a lista de atributos levantados pelos avaliadores: gelado, doce, gosto de leite, cremoso, arenoso, gosto de manga, gosto de casca.

As amostras foram retiradas do freezer (-18 °C) cinco minutos antes de cada sessão. Uma colher de sorvete (aproximadamente 5 g) foi retirada do recipiente pelo líder do painel e entregue ao provador para avaliação. A idéia era que todas as amostras fossem apresentadas nas condições mais semelhantes possíveis em termos de temperatura e volume. Ao mesmo tempo, esse procedimento garantiu que a textura manual não causasse interferência na percepção bucal. Foi usada água para enxaguar a boca após o teste de cada amostra.

Depois de receber a colher de sorvete, os avaliadores foram convidados a clicar no início quando colocaram a amostra na boca e depois indicaram qual atributo consideravam dominante a cada momento durante o processamento oral. A avaliação foi encerrada quando os avaliadores não perceberam mais as sensações (após a deglutição, quando nenhuma percepção das pós-sensações permaneceu) e clicaram no botão Parar. O tempo para cada avaliação foi de 30 segundos.

Os dados foram coletados com o software Sensomaker (NUNES e PINHEIRO, 2012).

4.9.2 Testes com consumidores

Foram recrutados 100 consumidores de sorvetes, com idades entre 20 e 65 anos. A avaliação foi realizada no laboratório de Análise Sensorial da UESB, em cabines individuais, sob luz branca (ISO, 1988). O modelo da ficha utilizada está apresentado no Apêndice 3.

As três amostras (A, B e C) foram codificadas com números de 3 dígitos e foram avaliadas em uma série monádica sequencial (WAKELING e MACFIE, 1995). As amostras armazenadas a -18 °C foram removidas do congelador 5 minutos antes da análise sensorial e logo em seguida foram oferecidas aos provadores em recipientes de plástico individuais (capacidade de 50 ml) com uma pequena colher de plástico. Todos os provadores assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), segundo determinação do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CAAE: 64801417.5.0000.0056), conforme modelo apresentado no Apêndice 4.

4.9.2.1 Questionário check-all-that-apply (CATA)

Neste estudo, os consumidores descreveram as amostras selecionando atributos apropriados em uma lista predeterminada. Os 12 atributos apresentados foram selecionados a partir da literatura disponível e das degustações iniciais dos pesquisadores e do painel descritivo sensorial utilizado na avaliação do TDS. Os atributos incluídos foram: gelado, doce, gosto de leite, cremoso, gosto de manga, gosto de casca, cristal de gelo, arenoso (farinha), gomoso, duro, cor de sorvete de manga e aroma de manga (DOOLEY, LEE e MEULLENET, 2010).

4.9.2.2 Teste de aceitação e intenção de compra

Para verificar a aceitação foi utilizada uma escala hedônica estruturada em 9 pontos, variando de 1 “desgostei extremamente” a 9 “gostei extremamente”. As formulações foram avaliadas considerando os atributos sabor, aroma, textura, cor e impressão global. O teste de Intenção de Compra foi realizado utilizando-se escala estruturada de 5 pontos variando de 1 “certamente não compraria” a 5 “certamente compraria” (DUTCOSKY, 2007; MORAIS et al., 2014).

4.10 Planejamento experimental

Os resultados obtidos das análises de composição química, físico-química e microbiológica foram submetidos à média e desvio padrão.

Para o desenvolvimento do sorvete elaborado com a polpa de manga, enriquecido com FCML, foi empregado um Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR), com duas variáveis, testando diferentes concentrações de farinha e polpa de manga em sua formulação, associado à análise de superfície de resposta (MSR).

Para avaliar o efeito dos diferentes substitutos de gordura (inulina, goma guar e goma arábica) do sorvete foi empregado outro DCCR, com três variáveis, associado à análise de superfície de resposta (MSR).

O modelo genérico usado está representado pela Equação 7.

$$Y = \beta_0 + \beta_1X_1 + \beta_2X_2 + \beta_{11}X_1^2 + \beta_{22}X_2^2 + \beta_{12}X_1X_2 \quad \text{Eq. 7}$$

As curvas TDS das amostras de sorvete foram plotadas de acordo com a metodologia proposta por Pineau et al. (2009), utilizando o software Sensomaker (NUNES e PINHEIRO, 2012). Uma curva foi traçada para cada amostra de sorvete (A, B e C) a partir de cinquenta e uma avaliações (dezessete provadores em três repetições). Duas linhas foram desenhadas nos gráficos do TDS: o "nível de chance", que é a taxa de dominância que um atributo pode obter por acaso e o "nível de significância" que é o valor mínimo dessa relação considerada significativa (PINEAU et al., 2009). Para esse cálculo, utilizou-se o intervalo de confiança para uma proporção binomial baseada na aproximação normal de acordo com Pineau et al., 2009.

A matriz de dados obtida no questionário CATA, a partir do número de consumidores que marcaram cada termo para descrever as amostras, foi submetida à Análise de Correspondência (AC).

Os dados referentes à aceitação e intenção de compra das três amostras foram primeiramente submetidos a uma análise de variância (ANOVA) e ao teste de Duncan ($p \leq 0,05$), tendo-se como fontes de variação amostras e provadores. Para obtenção do Mapa de Preferência Interno, os dados foram organizados numa matriz de amostras (em linhas) e consumidores (em colunas), e então submetida à Análise de Componentes Principais (ACP). Os resultados foram expressos em um gráfico de dispersão das amostras (tratamentos) em relação aos dois primeiros componentes principais (MINIM, 2006).

Os dados obtidos foram analisados utilizando o programa estatístico *Statistical Analysis System* (SAS)® *Studenty*, versão 9.0. Foi utilizado o programa Sigma Plot, versão 11.0, para confecção dos gráficos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Rendimento, análises físico-químicas, caracterização química e análise instrumental da cor da polpa, da casca da manga e da farinha da casca de manga liofilizada

Foi obtido rendimento de $12,39 \pm 2,06\%$ de cascas in natura em relação ao peso dos frutos da manga. O rendimento médio da farinha da casca foi de $17,79 \pm 3,11\%$. Os resultados das análises físico-químicas e caracterização química da casca in natura (CM) e da polpa da manga (PM) e da farinha da casca liofilizada (FCML) estão apresentados na Tabela 11.

Tabela 11- Resultados das análises físico-químicas e caracterização química da casca in natura (CM), polpa (PM) e farinha da casca de manga liofilizada (FCML) variedade Tommy Atkins.

Determinações	CM	PM	FCML
Atividade de água (A_a)	$0,97 \pm 0,00$	$0,98 \pm 0,00$	$0,35 \pm 0,04$
Acidez (g ácido cítrico.100g ⁻¹)	$0,29 \pm 0,01$	$0,30 \pm 0,01$	$1,79 \pm 0,10$
pH	$4,08 \pm 0,02$	$4,14 \pm 0,04$	$3,89 \pm 0,12$
Umidade (%)	$24,61 \pm 0,01$	$86,33\% \pm 0,00$	$6,58 \pm 0,00$
Cinzas (%)	$0,67 \pm 0,0$	$0,19 \pm 0,00$	$2,59 \pm 0,00$
Lipídeos (%)	$0,29 \pm 0,06$	$0,13 \pm 0,01$	$3,46 \pm 0,63$
Fibra Alimentar total (%)	-	-	$28,2 \pm 0,00$
Fibra Alimentar insolúvel (%)	-	-	$28,2 \pm 0,00$
Fibra Alimentar solúvel (%)	-	-	<0,1
Proteínas (%)	$0,99 \pm 0,03$	$0,33 \pm 0,02$	$2,17 \pm 0,19$
Sólidos solúveis (°Brix)	-	$13,81 \pm 2,68$	-
Açúcar Total (g glicose.g ⁻¹)	$0,25 \pm 0,16$	$0,04 \pm 0,01$	$0,3 \pm 0,03$
Açúcar Redutor (g glicose.g ⁻¹)	$0,05 \pm 0,01$	$0,02 \pm 0,01$	$0,21 \pm 0,015$
Açúcar não Redutor (g sacarose.g ⁻¹)	$0,2 \pm 0,16$	$0,02 \pm 0,01$	$0,09 \pm 0,03$
Ácido Ascórbico (mg.100g ⁻¹)	$14,68 \pm 1,46$	$15,48 \pm 2,32$	$245,86 \pm 6,14$

Média \pm desvio padrão.

Itens com -: análise não realizada nessa amostra.

A CM e a PM apresentaram altos valores de A_a , 0,97 e 0,98, respectivamente. O processo de secagem por liofilização da casca da manga gerou um decréscimo considerável da A_a para as amostras de FCML, que foi de 0,35. Processos de concentração e desidratação são realizados com o objetivo principal de diminuir o conteúdo de água de um alimento,

umentando, ao mesmo tempo, sua concentração de solutos e, portanto, diminuindo sua perecibilidade.

Os teores de acidez encontrados para CM e PM foram de 0,29 e 0,30 g ácido cítrico. 100^{-1} g de amostra, respectivamente, valores que se encontram abaixo do mínimo exigido pela legislação brasileira no Padrão de Identidade e Qualidade para polpa de manga (BRASIL, 2000), que é de 0,32 (g de ácido cítrico. 100^{-1} g). Os valores de pH foram de 4,08 para a CM e 4,14 para a PM, estando de acordo com os valores definidos pela legislação (mínimo de 3,3 e máximo de 4,5) (BRASIL, 2000). A FCML apresentou 1,79 g de ácido cítrico. 100^{-1} g de amostra no teor de acidez e pH de 3,89, comportamento esperado devido à concentração dos ácidos orgânicos durante o processo de liofilização (MOREIRA et al., 2013). Verifica-se também, com esse resultado, que ocorreram poucas perdas dos ácidos durante o processo e que a FCML pode ser utilizada como um acidificante. Este decréscimo observado no valor de pH para a FCML, após secagem, também foi encontrado por Santos et al. (2012) ao avaliarem as características físico-químicas de polpa de mangaba, onde obtiveram decréscimo no pH após a secagem de polpa de mangaba por liofilização, tendo a polpa integral pH $3,07 \pm 0,01$ e a polpa em pó pH de $3,01 \pm 0,01$.

A polpa da manga e a casca in natura apresentaram alto valor de umidade, o que evidencia que a água é o seu constituinte principal. A umidade de um alimento é um dos índices mais avaliados e importantes em alimentos. Tem uma grande importância econômica, pois reflete o teor de sólidos de um produto e sua perecibilidade. Marques et al. (2010) encontraram 82,11 g. 100^{-1} g e 78,70 g. 100^{-1} g de umidade, respectivamente, quando avaliaram a composição centesimal e mineral da polpa e casca in natura de manga v. Tommy Atkins.

A FCML apresentou 6,58 g. 100^{-1} g de umidade. Coelho e Azevedo (2012) ao produzirem uma farinha utilizando as cascas de manga e comparando dois métodos de secagem: fluxo de ar e secagem solar com o equipamento Watercone, obtiveram valores de 4,96 e 7,22% de umidade, respectivamente.

Neste trabalho foram encontrados 0,67 e 0,19% de cinzas para CM e PM. Marques et al. (2010) encontraram 0,99 e 0,34 g. 100^{-1} g de amostra de resíduo mineral em casca e polpa de manga, respectivamente, valores maiores que os encontrados neste trabalho. Para a FCML foi encontrado o valor de 2,59% de cinzas, quantidade maior que o da casca in natura, pois esta foi submetida a desidratação, o que, obviamente, aumenta seu conteúdo de sólidos. O conteúdo de cinzas é o ponto de partida para a análise de minerais específicos que podem ser encontrados em alimentos de origem animal e vegetal. Porém, nem sempre o resíduo encontrado representa toda a substância inorgânica presente na amostra, devido a alguns sais sofrerem redução ou volatilização durante o aquecimento (GOMES e OLIVEIRA, 2012).

Foram encontrados baixos valores de lipídeos para a CM e PM. Para a FCML foram apresentados 3,45% de lipídeos. Marques et al. (2010) encontraram 0,18 g.100⁻¹ g para casca e 0,61 g.100⁻¹ g para polpa de manga. Rocha et al. (2008) encontraram 0,70% de lipídeos na casca de manga cultivada em sistema de produção convencional e 0,39% em sistema de produção orgânico. Esses resultados favorecem o uso da FCML como ingrediente em produtos com baixo teor de gordura.

O teor de fibra alimentar total encontrado na FCML foi de 28,2%. Sendo quase sua totalidade constituída de fibra alimentar insolúvel. A fibra alimentar consiste em carboidratos não digeríveis e lignina, intrínsecos e intactos nas plantas, e que têm efeitos fisiológicos benéficos em humanos (SLAVIN, 2013). Estudos relacionam as fibras à prevenção de doenças como diverticulite, câncer de cólon, obesidade, problemas cardiovasculares, diabetes e redução dos níveis séricos de lipídeos (LAMOUNIER et al., 2015).

Neste trabalho o teor de proteína variou de 0,99% (CM) a 2,17% (FCML). Ao comparar a quantidade de proteína encontrada nas partes descartadas em relação à parte nobre do alimento (0,33% de proteína na polpa da manga), pode-se observar que, para as amostras analisadas, o valor foi maior que o encontrado nas partes habitualmente consumidas, sendo assim, essas partes de vegetais que são geralmente desprezadas poderiam ser usadas para aumentar os teores de proteína de algumas preparações (STORCK et al., 2013). Marques et al. (2010) encontraram 1,24 e 0,44% de proteína na casca e polpa de manga, respectivamente.

Os sólidos solúveis presentes na polpa dos frutos incluem importantes compostos responsáveis pelo sabor, sendo os mais importantes os açúcares e os ácidos orgânicos (SANTOS et al., 2012). O teor médio de sólidos solúveis da PM foi de 13,81 °Brix, estando acima do nível mínimo exigido pela legislação brasileira, que é de 11 °Brix (BRASIL, 2000).

O teor de açúcares totais da PM foi de 0,04 g de glicose.g⁻¹, para a CM foi encontrado 0,25 g de glicose.g⁻¹ e para a FCML, o valor de 0,3 g de glicose.g⁻¹. Houve acréscimo nos valores de açúcares totais da farinha em relação à casca in natura, o que pode ser explicado em virtude da concentração promovida pela retirada de água no processo de liofilização. O teor dos açúcares redutores apresentou o mesmo comportamento, mas com um acréscimo mais significativo, 0,05 para CM e 0,21 g de glicose.g⁻¹ de amostra para a FCML. A polpa apresentou conteúdo de 0,02 g de glicose.g⁻¹ de amostra.

Este trabalho apresentou 14,68 mg de ácido ascórbico.100⁻¹ g de amostra de CM, o que não diferiu muito da PM, que foi de 15,48. Porém, percebeu-se um grande aumento do teor de ácido ascórbico na FCML, 245,86 mg de ácido ascórbico.100⁻¹ g de amostra. Comportamento contrário foi observado por Moreira et al. (2013) ao avaliarem o teor de ácido ascórbico na polpa da manga Tommy Atkins e no pó desidratado por liofilização e

verificarem uma redução de 76,99% da vitamina C da polpa in natura quando processada para obtenção do pó, expresso em matéria seca. Essa redução nos valores de ácido ascórbico nos produtos liofilizados foi atribuída à alta porosidade promovida por esse tipo de secagem, aumentando a superfície de contato do produto com o oxigênio, e, conseqüentemente, resultando na degradação oxidativa da vitamina (SAGAR e KUMAR, 2010).

Diferente do que foi apresentado pela literatura para a polpa de manga, observou-se nesse trabalho que não ocorreu a degradação do ácido ascórbico. Os resultados apresentados mostraram que na secagem da casca pelo processo de liofilização, o ácido ascórbico foi preservado. Tal fato pode ter acontecido, provavelmente, em função da estrutura da casca de manga.

Os resultados para a análise instrumental de cor estão apresentados na Tabela 12.

Tabela 12- Parâmetros de cor L*, a*, b* e dE para amostras de casca in natura (CM), polpa (PM) e farinha da casca de manga liofilizada (FML) variedade Tommy Atkins.

Amostras	L*	a*	b*	dE
CM	27,7±1,29	17,24±2,13	4,21±0,97	32,95±1,77
PM	63,31±1,56	21,16±0,55	65,23±2,29	92,12±2,9
FML	81,62±1,48	-1,44±0,54	27,47±0,75	86,13±1,42

Média ± desvio padrão.

A luminosidade (L*) foi maior na farinha da casca liofilizada. Maiores valores de luminosidade caracterizam cores mais claras por estarem próximos ao branco puro. O parâmetro de cor a* está relacionado a vermelho (+ a*) e verde (- a*), evidenciando que após o processo de liofilização e moagem, para a produção da farinha da casca liofilizada, houve uma variação considerável na sua tonalidade, indicando que houve uma decomposição do pigmento vermelho durante o processamento. O parâmetro de cor b* está relacionado a amarelo (+ b*) e azul (- b*), indicando que a polpa possui evidentemente uma maior coloração amarela. A manga é caracterizada, principalmente, pelo parâmetro colorimétrico b* devido à associação aos pigmentos naturais da polpa a cor amarela. Ao analisar um produto o consumidor busca estabelecer através da cor, dentre outros aspectos, uma relação entre o mesmo e a fruta o qual deu origem. Ao verificar a imagem da farinha obtida percebe-se uma maior semelhança com a polpa da manga do que com a casca in natura (Figura 13).

Conforme Harnkarnsujarit e Charoenrein (2011) a manga é rica em β -caroteno, no entanto, a perda da cor pode estar associada a degradação do β -caroteno, que é instável e susceptível a reações oxidativas devido ao grande número de ligações duplas insaturadas. O

que leva a menores qualidades nutricionais. Moreira et al. (2013) verificaram o desaparecimento da coloração vermelha e a redução da cor amarela e da luminosidade após a liofilização da manga Tommy Atkins.

Figura 13- Fruto manga, casca in natura, polpa, farinha da casca de manga liofilizada.



Fonte: a autora.

Foram analisados os minerais bário, carbono, cálcio, cobre, ferro, potássio, magnésio, manganês, sódio, fósforo e zinco nas amostras de PM e FCML. Na Tabela 13 estão apresentados os teores médios de minerais encontrados nas amostras. Dentre os elementos minerais analisados, os que apresentaram maiores concentrações foi o potássio, seguido do cálcio, magnésio e fósforo. Estudos com cascas de frutas revelam alto potencial nutricional destacando teores altos de minerais (GONDIM et al, 2005). Os que apresentaram menor teor foram o cobre, zinco e ferro. A baixa concentração de cobre e ferro é um importante indicativo da estabilidade à oxidação da farinha.

Os teores de carbono residual obtidos para as amostras de PM e FCML foram de 0,79 e 1,40%, respectivamente. Esses valores sugerem uma boa eficiência no procedimento de decomposição das amostras com alto teor de matéria orgânica, visto que apresentaram baixos teores de carbono residual. A escolha do uso de ácidos minerais inorgânicos para a digestão neste trabalho foi devido ao seu poder oxidante e capacidade de decomposição da matéria orgânica na amostra, com o intuito de quebrar as cadeias carbônicas e eliminar o carbono na

forma de CO₂. Um dos parâmetros mais importantes para avaliar a eficiência do procedimento de decomposição ácida para decomposição da matéria orgânica é o teor de carbono residual, uma vez que a depender do procedimento a ser utilizado não há uma completa oxidação (GOUVEIA et al., 2001).

Tabela 13- Composição mineral da polpa (PM) e da farinha da casca de manga liofilizada (FCML) Tommy Atkins.

Minerais (mg.kg⁻¹)	PM	FCML
Bário (Ba)	1,3±0,51	21,94±1,63
Carbono Residual % (C)	0,78±0,23	1,40±0,48
Cálcio (Ca)	120,43±31,32	1902,18±264,43
Cobre (Cu)	0,37±0,09	2,01±0,64
Ferro (Fe)	1,14±0,4	10,09±0,49
Potássio (K)	1268,41±181,93	5211,14±620,01
Magnésio (Mg)	77,79±10,78	1074,11±66,44
Manganês (Mn)	7,23±3,68	101,38±6,26
Sódio (Na)	21,31±1,7	40,83±11,65
Fósforo (P)	99,73±22,52	516,03±35,42
Zinco (Zn)	0,87±0,31	4,94±1,01

Média±desvio padrão.

O elevado teor de potássio encontrado neste trabalho é importante, tendo em vista que o mesmo exerce duas funções fisiológicas principais: a primeira diz respeito ao seu papel de destaque no metabolismo celular, ao participar na regulação de processos (como na síntese de proteína e glicogênio) e do balanço ácido-básico. Além disso, o potássio também é responsável pela manutenção do potencial elétrico através da membrana celular; pequenas alterações na concentração do potássio extracelular podem afetar de maneira importante a relação da concentração de potássio extra:intracelular, alterando, assim, a transmissão nervosa, a contração muscular e o tônus vascular (CUPPARI e BAZANELLI, 2010).

Em razão do elevado teor de cálcio encontrado, a FCML pode ser considerada como fonte desse mineral (ANVISA, 2005). O cálcio é o mineral mais abundante no corpo humano, essencial para a mineralização de ossos e dentes e para a regulação de eventos intracelulares em diversos tecidos. Necessário durante a infância para o adequado processo de crescimento, o principal papel da ingestão de cálcio no adulto e idoso é compensar as perdas diárias desse mineral, uma vez que, quando a excreção excede a absorção (como em casos de ingestão

insuficiente), pode ocorrer desmineralização do esqueleto, visto que o cálcio sérico é fundamental para funções fisiológicas vitais ao organismo (FRANÇA e MARTINI, 2014).

A FCML também pode ser considerada como fonte de magnésio (ANVISA, 2005). O magnésio é essencial como cofator em mais de 100 reações enzimáticas, incluindo transporte iônico transmembrana de cálcio, sódio, cloretos e potássio, metabolismo da adenosina trifosfato (ATP), utilização de carboidratos e síntese de gorduras, proteínas e ácidos nucleicos. O magnésio também atua como fator de crescimento e na regeneração de tecidos, relacionados aos processos de proliferação celular. Modula sinais de transdução, tem ação estimuladora sobre o peristaltismo intestinal, estimula a produção e secreção biliar e é constituinte dos sucos pancreático e intestinal. Possui ação anti-inflamatória e anti-infecciosa por estimular a fagocitose e ser indispensável para a ação de anticorpos (MONTEIRO e VANNUCCHI, 2010b).

O teor de fósforo encontrado na FCML pode contribuir com mais de 50% do IDR para esse mineral, que é de 700 mg (ANVISA, 2005). O fósforo, como constituinte dos tecidos moles, possui importante função no metabolismo de glicídeos, lipídeos e proteínas. Por meio do processo de fosforilação, promove a ativação de diversas enzimas e conversão de carboidratos em formas fosforiladas. O grupo fosfato é necessário para a formação dos ácidos nucleicos, sendo, portanto, um constituinte da estrutura do DNA e RNA, com a função de permitir a ligação molecular dos polímeros de deoxirribonucleosídios ou ribonucleosídios, respectivamente. O fósforo é necessário para a produção de compostos fosforilados ricos em energia, como a adenosina trifosfato (ATP). O fósforo também ajuda na manutenção do equilíbrio ácido-base no sangue a partir de um tampão intracelular de fosfato, que contribui para a manutenção do pH (MONTEIRO e VANNUCCHI, 2010).

Diversas publicações de autores que analisaram teores de minerais em cascas e resíduos de frutas, tais como a manga, maracujá, abacaxi, banana, mamão entre outras, e que encontraram quantidades consideráveis, sugerindo a reutilização destes resíduos como fontes alternativas de alimento ou como ingredientes para obtenção de preparações processadas (GONDIM et al, 2005; FELIPE et al, 2006; MARQUES et al.,2010).

5.2 Determinação de fitoquímicos bioativos da farinha de casca de manga liofilizada

A partir dos resultados apresentados na Tabela 14, verifica-se a presença de uma ampla gama de fitoquímicos bioativos, em destaque para os fenólicos e flavonoides. Dos fitoquímicos bioativos analisados os compostos fenólicos totais foram os que apresentaram os valores mais elevados, 2949 mg GAE.100 g⁻¹. A presença destes compostos na farinha atribui

propriedades bioativas, podendo ser utilizada numa gama diversa de novas aplicações, devido aos efeitos de saúde comprovados no consumo em longo prazo. Dentre as propriedades bioativas associadas a estes biocompostos encontram-se atividade antimicrobiana, antioxidante, anticarcinogênica e anti-inflamatória (ARAÚJO, 2011; BANERJEE et al., 2017).

Tabela 14- Fitoquímicos bioativos encontrados na farinha da casca de manga liofilizada (FCML).

Fitoquímicos Bioativos	Resultados
Constituintes Fenólicos Totais (mg GAE.100 g ⁻¹)	2949,94±2,40
Flavonoides Totais (mg catequina.100 g ⁻¹)	177,58±8,11
Taninos Condensados (mg catequina.ml ⁻¹)	10,13±0,56
Carotenoides Totais (mg.100 g ⁻¹)	14,39±0,53

Média±desvio padrão.

Arbos et al. (2013) avaliando os extratos obtidos das farinhas das cascas de manga, variedade Tommy Atkins, encontraram 6644,68 mg de catequina.100⁻¹ g de amostra no teor de constituintes fenólicos, semelhante aos encontrados no extrato obtido do farelo da casca e da semente de manga (5800 mg.100⁻¹ g) quantificados por Vieira et al. (2009). Araújo et al. (2009) encontraram 2.489 mg.100⁻¹ g de fenólicos totais em farinhas obtidas de casca de manga. Berardine et al. (2005) avaliaram o teor de constituintes fenólicos de cascas de manga de 14 variedades e concluíram que as cascas da variedade ‘Tommy Aktins’ apresentaram o maior teor de polifenóis e pectina de alta qualidade. Esses autores sugeriram que as cascas devem ser rapidamente secas e submetidas à extração de constituintes fenólicos para evitar degradação enzimática e microbiana.

Encontrou-se, neste trabalho, 177,58 mg catequina.100⁻¹ g de amostra para flavonoides. Acredita-se que as propriedades relacionadas à saúde humana exercidas pelos constituintes fenólicos, destacando-se os flavonoides, são baseadas principalmente na sua capacidade antioxidante, atuando como sequestradores de radicais livres e quelantes de metais capazes de catalisar a peroxidação de lipídeos.

Com relação aos teores de taninos, foram encontrados 10,13 mg de catequina.ml⁻¹ na FCML. Os taninos podem propiciar um efeito antimicrobiano a antifúngico, além disso, são hemostáticos e servem como antídoto em casos de intoxicação. Possivelmente, pelo fato de sua habilidade em complexarem com proteínas, íons metálicos e outras macromoléculas, os taninos também podem apresentar efeito tóxico (MONTEIRO et al., 2005).

Considerando o teor de carotenoides da FCML, foram encontrados 14,39 mg.100⁻¹g. Esse valor é considerável, pois pode influenciar na coloração dos produtos que possam usar a farinha como ingrediente, além de contribuir para as propriedades antioxidantes da mesma. Os carotenoides são pigmentos naturais responsáveis pela cor amarela, laranja ou vermelha de muitos alimentos, uma propriedade de importância tecnológica, uma vez que a cor é o atributo que mais influencia a aceitação dos alimentos (RODRIGUEZ-AMAYA et al. 2008). As ligações duplas conjugadas presentes na sua estrutura fazem com que os carotenoides possam absorver o excesso de energia de outras moléculas a partir de um mecanismo de transferência de energia não radioativo. Essa característica pode ser responsável pela capacidade antioxidante, que têm como função principal a extinção do oxigênio singlete. Além de eliminar o oxigênio reativo e os radicais livres, a função antioxidante está relacionada a alguns benefícios à saúde, como aumento da imunidade, proteção de queimaduras solares e inibição do desenvolvimento de alguns tipos de câncer (FENNEMA, 2010).

5.2.1 Ácidos fenólicos individuais presentes na farinha da casca de manga liofilizada

Dos treze compostos avaliados (ácido caféico, ácido clorogênico, ácido cumárico, ácido ferúlico, ácido gálico, cafeína, catequina, epicatequina, kampferol, pirocatequina, quercetina, rutina e teobromina) cinco fenólicos individuais foram identificados através dos padrões e de suas curvas de calibração na farinha da casca de manga liofilizada (Tabela 15).

Tabela 15- Perfil quantitativo de fenólicos individuais na farinha da casca de manga liofilizada (FCML).

Fenólico Individual	Resultados ($\mu\text{g}\cdot 100\text{ g}^{-1}\text{ FCML}$)	Coefficiente de correlação (R²)
Ácido Cumárico	0,015±0,00	0,99
Ácido Gálico	0,030±0,00	0,99
Catequina	0,090±0,00	0,98
Epicatequina	1,325±0,01	0,98
Quercetina	0,044±0,00	0,99

A epicatequina foi o composto majoritário encontrado na FCML, seguido da catequina. A epicatequina e a catequina são estudadas em detalhes, no que diz respeito às suas capacidades antioxidantes como compostos polifenólicos, o que é bem estabelecido por várias

metodologias *in vitro* e *in vivo*. As catequinas afetam os mecanismos moleculares envolvidos na angiogênese, degradação das matrizes extracelulares, regulação das mortes celulares e redução do estresse oxidativo, resultando em uma série de benefícios à saúde devido a diversas ações como antioxidantes, anti-hipertensivos, anti-inflamatórios, antiproliferativos, antitrombogênicos e anti-hiperlipidêmico (BARROS et al., 2017).

Diferentes famílias de compostos foram descritas na manga e todos apresentaram diversos benefícios à saúde: derivados do ácido fenólico, flavonas, galotaninos, derivados da benzofenona (derivados da maclurina) e glicosídeos xantonas (derivados da mangiferina). A composição qualitativa e quantitativa dos compostos fenólicos depende principalmente da variedade, do estágio de maturidade e da parte da manga que foi analisada (casca, polpa ou semente), sendo flavonóis, xantonas glicosídeos, galotaninos e derivados de benzofenona predominantes nas cascas e sementes de manga (DORTA et al., 2014; GOMEZ-CARAVACA et al., 2016).

Albuquerque et al. (2019) avaliando o conteúdo fenólico de extratos aquosos de resíduos de frutas, dentre eles o resíduo de manga, utilizando HPLC-DAD, identificaram cinco de sete compostos avaliados (ácido vanílico, ácido siríngico, rutina, quercetina, epicatequina, ácido gálico, ácido protocatecuico). O extrato aquoso da manga apresentou alto conteúdo de ácido gálico (199 mg.L^{-1}) e rutina (29 mg.L^{-1}), seguido de quercetina (4 mg.L^{-1}) e epicatequina (2 mg.L^{-1}).

Pan et al. (2018) analisaram o extrato (70% etanol) de folhas de manga por HPLC. Sob condições cromatográficas otimizadas, quatorze picos foram qualificados comparando os espectros de UV do PDA e o tempo de retenção dos compostos isolados. Além disso, cinco constituintes principais foram quantificados. A mangiferina foi o principal constituinte das folhas de manga, com 7,43% no extrato. Além disso, isosvertisina (1,25%), quercetina-3-O- β -D-galactosídeo (0,86%) e quercetina-3-O- β -Dglucosídeo (0,82%) também apresentaram altos teores nas folhas de manga.

Compostos fenólicos e outros compostos polares foram determinados na fração comestível da manga e seus subprodutos (casca, semente e casca da semente) por HPLC-DAD-ESI-qTOF-MS. Gomez-Caravaca et al. (2016) determinaram 91 compostos livres e 13 compostos ligados, através desta técnica analítica, considerando as quatro frações da manga. Foi utilizada a variedade Keitt. A casca apresentou a maior concentração de compostos polares livres, seguida das sementes, polpa e casca das sementes. Além disso, o ácido elágico foi o composto ligado mais abundante nas quatro frações de manga analisadas. Esses resultados mostram que a polpa da manga e seus derivados são uma boa fonte de compostos fenólicos e outros compostos polares.

Rodríguez-González et al. (2017) utilizaram resíduos de manga (casca e polpa remanescente) da variedade Ataulfo, com o objetivo de determinar a composição nutracêutica deste subproduto e avaliar os mecanismos relacionados às suas propriedades antidiabéticas. O efeito antidiabético do resíduo de manga foi associado ao seu alto teor de fibras solúveis, além de vários polifenóis e carotenoides, como ácido elágico ($13524,13 \pm 363,6 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), ácido gálico ($3157,69 \pm 27,22 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), quercetina ($960,61 \pm 37,72 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$), epicatequina galato ($69,80 \pm 11,27 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) e β -caroteno ($17,56 \pm 0,01 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$). Os autores concluíram, portanto, que os resíduos de manga podem ser usados como um complemento funcional para o tratamento do diabetes.

5.3 Investigação de antinutrientes na farinha de casca de manga liofilizada

Os resultados da investigação de antinutrientes na farinha da casca de manga liofilizada estão apresentados na Tabela 16.

Tabela 16- Resultados da investigação de antinutrientes na farinha da casca de manga liofilizada (FCML).

Antinutrientes	Resultados
Fitatos ($\text{g}\cdot 100^{-1} \text{ g}$)	$0,32 \pm 0,88$
Oxalatos ($\text{mg}\cdot 100^{-1} \text{ g}$)	$0,31 \pm 0,05$
Nitratos ($\text{mg}\cdot 100^{-1} \text{ g}$)	$0,15 \pm 0,24$
Saponinas Totais ($\text{g}\cdot 100^{-1} \text{ g}$)	$0,11 \pm 0,01$
Atividade Hemaglutinante	Não reagente
Hemólise (%)	$6,43 \pm 0,92$

Média \pm desvio padrão.

O teor de fitato observado na farinha analisada foi de $0,32 \text{ g}\cdot 100^{-1} \text{ g}$ de amostra. Os fitatos são sais do ácido fítico (ácido hexafosfórico mio-inositol – $\text{C}_6\text{H}_{18}\text{O}_{24}\text{P}_6$). Nutricionalmente a presença de fitato é desfavorável, já que possui a habilidade de formar quelantes com íons divalentes, tais como o cálcio e magnésio, formando complexos solúveis resistentes à ação do trato intestinal, que diminuem a disponibilidade desses minerais e, embora esse seja seu maior efeito, os fitatos também interagem com resíduos básicos das proteínas, participando da inibição de enzimas digestivas como a pepsina, pancreatina e a α -amilase (TORREZAN et al., 2010; BENEVIDES et al., 2011).

Por outro lado, mesmo perante os efeitos nutricionais negativos ao homem, alguns estudos têm demonstrado o efeito benéfico do ácido fítico como agente antioxidante, coadjuvante no tratamento de diabetes (OLIVEIRA et al., 2003) e na prevenção de cânceres (KUMAR et al., 2010).

A Resolução nº 263 de 22 de setembro de 2005 (Regulamento Técnico para Produtos de Cereais, Amidos, Farinhas e Farelos) não determina limites para o ácido fítico, justificando que este é um componente natural de cereais, raízes, tubérculos e leguminosas (BRASIL, 2005). Umeobika et al. (2015) avaliando os teores de compostos antinutricionais em polpa de manga, encontraram $0,5 \text{ g} \cdot 100^{-1} \text{ g}$ de fitato.

Neste estudo foram encontrados $0,31 \text{ mg} \cdot 100^{-1} \text{ g}$ de oxalato nas amostras avaliadas. Sena et al. (2014) e Umeobika et al. (2015) encontraram $24,93 \text{ mg} \cdot 100^{-1} \text{ g}$ e $0,0594 \text{ mg} \cdot 100^{-1} \text{ g}$ oxalato, respectivamente, em farinhas de manga. De acordo com Ogbadoyi et al. (2006), o oxalato apresenta baixo limiar de toxicidade, sendo que a dose mínima considerada letal para adultos é em torno de 5 g.

O ácido oxálico encontrado nos alimentos apresenta a propriedade de se ligar a íons Ca^{+2} , formando sais insolúveis como o oxalato de cálcio, conferindo ao ácido oxálico sua característica antinutricional, uma vez que os complexos formados impedem a biodisponibilidade dos minerais.

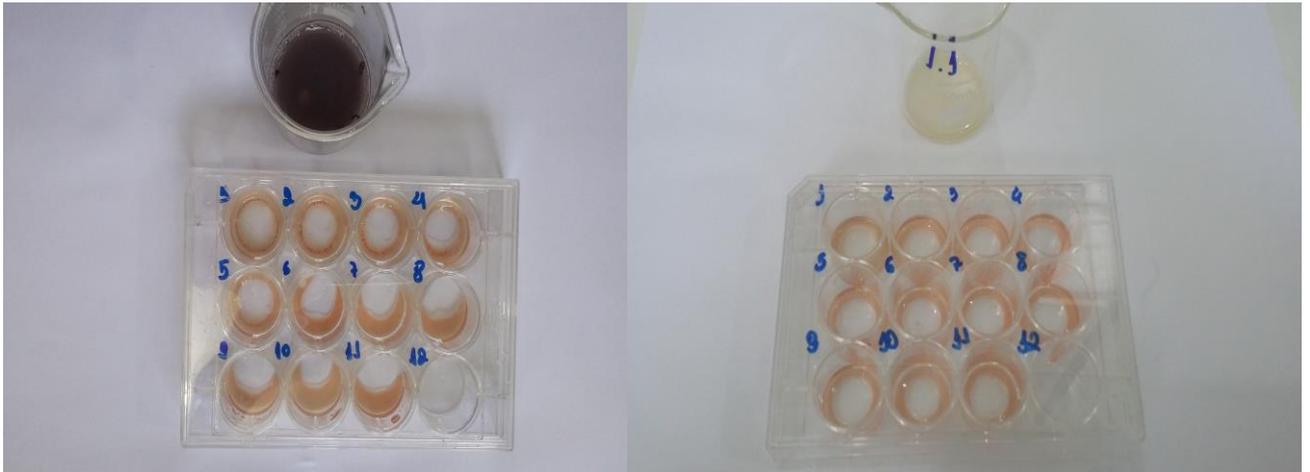
O valor de nitrato encontrado nesse estudo, $0,15 \text{ mg} \cdot 100^{-1} \text{ g}$, se encontra abaixo do valor preconizado pela Food and Agriculture Organization/World Health Organization (FAO/WHO), de $0,06 \text{ mg/kg/dia}$ de nitrito (como íon) e de $3,7 \text{ mg/kg/dia}$ para nitrato (FAO/WHO, 1996). No organismo humano, os nitratos interferem no metabolismo da vitamina A e nas funções da glândula tireóide, podendo sofrer redução a nitrito e, após absorvidos, originar cianoses devido à formação de metamioglobina; ou ainda, reagir com aminas secundárias e terciárias formando composto N-nitrosos, potencialmente carcinogênicos (SANTOS, 2006; LOPES et al., 2009; BENEVIDES et al., 2011).

O resultado encontrado para o teor de saponinas, $0,11 \text{ g} \cdot 100^{-1} \text{ g}$ foi menor que o valor encontrado por Umeobika et al. (2015), que foi de $0,2 \text{ g} \cdot 100^{-1} \text{ g}$. Dentre as razões pelas quais as saponinas são consideradas antinutrientes destacam-se sua capacidade de interferir na absorção de carboidratos, lipídios e proteínas (devido às alterações na permeabilidade das membranas celulares), e a inibição da ação de enzimas do trato digestivo (FRANCIS et al., 2001). Contudo, até o presente momento não foi encontrado na literatura consultada registros da dose diária aceitável de saponinas na dieta humana (MARQUES et al., 2013).

Não foi detectada atividade hemaglutinante em nenhuma das amostras estudadas (Figura 14). Ainda assim, o resultado dessa análise pode ser variável, a depender do tipo

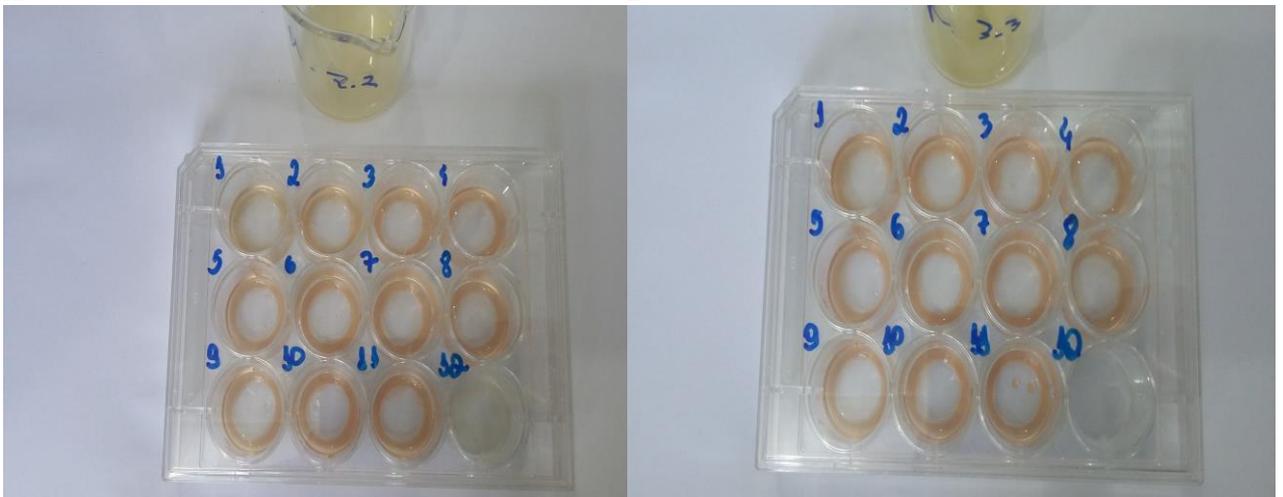
sanguíneo utilizado. Isso porque, as células sanguíneas encontradas em sangues humanos de tipo A e B possuem diferentes carboidratos em sua superfície, e como as hemaglutininas são glicoproteínas com propriedade de ligar-se especificamente a certos carboidratos, há possibilidade de divergência entre os resultados com diferentes tipos sanguíneos (FUDENBERG et al., 1980; SHARON e LIS, 2004).

Figura 14- Resultados da análise de hemaglutinina: (A) Controle positivo (feijão preto), negativo para amostras das farinhas de manga (B), (C) e (D).



A

B



C

D

Fonte: a autora.

Foi observado neste trabalho 6,43% de atividade hemolítica, demonstrando que a farinha da casca de manga apresenta baixa toxicidade aos eritrócitos, uma vez que valores de porcentagem de hemólise de até 20% são considerados baixos, entre 20 e 50% moderados e acima disso elevada (PROKOF'EVA, 2004).

Sendo assim, os baixos níveis de antinutrientes observados na farinha da casca da manga sugerem sua baixa toxicidade, podendo ser incorporada em produtos alimentícios ou na nossa alimentação diária, sem qualquer efeito adverso.

5.3.1 Análise de resíduos de agrotóxicos/pesticidas

Dos 495 resíduos de agrotóxicos/pesticidas pesquisados foram encontrados 4 resíduos na FCML. Os resultados são apresentados na Tabela 17.

Os agrotóxicos/pesticidas encontrados na FCML são fungicidas que possuem classificação toxicológica classe III. Dentre eles, somente o Carbendazim não é aprovado para uso na União Europeia. Possuem baixa solubilidade aquosa, são persistentes no solo e em sistemas de água. Possuem, ainda, baixa toxicidade em mamíferos, mas podem ser tóxicos para a maioria dos organismos aquáticos, abelhas, minhocas e aves. A Azoxistrobina e o Difenconazol podem ser biocumulativos, enquanto o Carbendazim e os Ditiocarbamatos podem ser associados a efeitos adversos na reprodução/desenvolvimento. São normalmente utilizados no combate à antracnose (IUPAC, 2019).

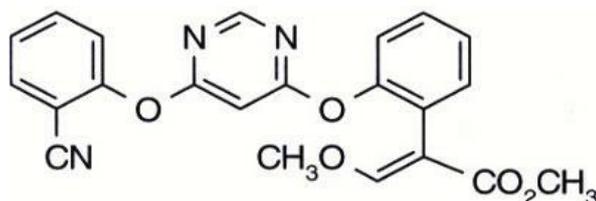
Tabela 17- Resultados da investigação de resíduos de agrotóxicos/pesticidas na farinha da casca de manga liofilizada (FCML).

Agrotóxicos/Pesticidas	Resultados
Azoxistrobina ($\mu\text{g.kg}^{-1}$)	31,67
Carbendazim ($\mu\text{g.kg}^{-1}$)	51,01
Difenconazol ($\mu\text{g.kg}^{-1}$)	19,55
Ditiocarbamatos ($\mu\text{g CS2.kg}^{-1}$)	<50

A antracnose, causada por *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.), é a doença pós-colheita mais prevalente que afeta a comercialização manga. Atualmente, o controle da doença antracnose em mangas permanece dependente de fungicidas, incluindo a azoxistrobina. Estes fungicidas suprimem efetivamente o desenvolvimento dos sintomas de antracnose, mas a seleção de formas resistentes do patógeno é frequentemente associada ao uso a longo prazo na ausência de um plano de gerenciamento de resistência integrado. O uso indiscriminado de fungicidas pode causar poluição ambiental, incluindo ecotoxicidade conhecida em peixes, e riscos à saúde devido às suas possíveis propriedades cancerígenas (ZHENG et al., 2013).

A Azoxistrobina (methyl (E)-2-{2-[6-(2-cyanophenoxy) pyrimidin-4-yloxy] phenyl}-3-methoxyacrylate) pertence ao grupo químico estrobilurina (Figura 15). Não é volátil e pode lixiviar as águas subterrâneas sob certas condições. É irritante para a pele e os olhos. A eficácia das estrobilurinas está associada à inibição da respiração mitocondrial dos fungos (BRASIL, 2003; IUPAC, 2019).

Figura 15- Forma estrutural Azoxistrobina.



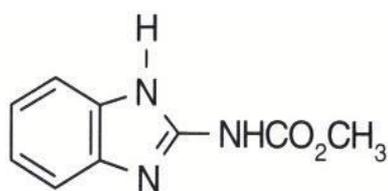
Fórmula bruta: C₂₂H₁₇N₃O₅.

Fonte: BRASIL, 2003.

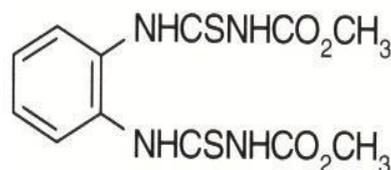
O Carbendazim (methyl benzimidazol-2-ylcarbamate) pertence ao grupo químico benzimidazol, é volátil e moderadamente móvel. É moderadamente persistente no solo e pode ser muito persistente em sistemas de água sob certas condições (ANVISA, 2003; IUPAC, 2019). É considerado como um metabólito secundário do tiofanato-metil (dimethyl 4,4'-(o-phenylene) bis (3-thioallophanate)), que é um fungicida sistêmico com amplo espectro de atividade contra vários patógenos fúngicos. Após o tratamento foliar, esse fungicida é rapidamente absorvido pelas folhas e raízes das plantas e é facilmente distribuído para várias partes das plantas.

Na reunião conjunta da FAO/OMS sobre resíduos de pesticidas, a definição de resíduo de tiofanato-metil foi revisada e foi proposto que os resíduos de tiofanato-metil e carbendazim sejam todos expressos em termos de Carbendazim (LEE et al., 2018). Nas Monografias de Agrotóxico autorizadas pela ANVISA não consta a autorização para o uso do Carbendazim na cultura da manga, somente para aplicação foliar nas culturas de algodão, citros, feijão, maçã, milho, soja e trigo. Porém, quando consultada a Monografia para o tiofanato-metil verifica-se a autorização para o uso foliar na cultura da mangueira. Portanto os valores apresentados para o LMR, IDA e Intervalo de Segurança na Tabela 15 foram obtidos da Monografia de Agrotóxico autorizada para tiofanato-metil (Figura 16).

Figura 16- A: Forma estrutural Carbendazim; B: Forma estrutural Tiofanato-metil.



A
Fórmula bruta: (C₉H₉N₃O₂).



B
Fórmula bruta: C₁₂H₁₄N₄O₄S₂

Fonte: BRASIL, 2003.

O Difenonazol ((cis,trans-3-cloro-4-[4-metil-2-(1H-1,2,4-triazol-1-metil)-1,3-dioxolan-2-il] fenil-4-clorofenil éter) é um princípio ativo da família dos triazóis, de ação rápida e proeminente atividade sistêmica (DONG et al., 2013) sendo utilizado em uma variedade de países por atuar no controle de uma ampla gama de doenças fúngicas (Figura 17). Seus mecanismos de ação ou toxicidade se dão pela habilidade de interferir com o crescimento do fungo e inibir a germinação do esporo, além desses pode se ligar a proteínas por diversas maneiras (interações hidrofóbicas e ligações de hidrogênio, por exemplo), o que leva a toxicidade em nível humano (LI et al., 2013).

Figura 17- Forma estrutural Difenonazol.



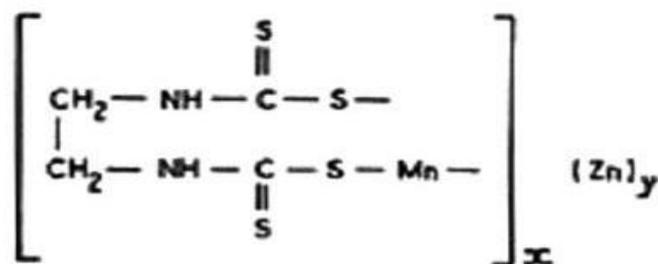
Fórmula bruta: C₁₉H₁₇Cl₂N₃O₃.

Fonte: BRASIL, 2003.

Os ditiocarbamatos (manganese ethylenebis(dithiocarbamate) (polymeric) complex with zinc salt), representados na Figura 18, são uma classe de compostos organosulfurados, dos quais 21 compostos conhecidos são empregados como pesticidas (MOTARJEMI, MOY e EWEN 2014). Eles são largamente usados como fungicidas na produção agrícola de frutas e vegetais, para tratamento de sementes, solo, foliar e pós usados como repelentes de roedores.

Os ditiocarbamatos são derivados do ácido ditiocarbâmico (NH₂CS₂H), análogos dos carbamatos (CH₃NO₂), onde ambos os átomos de oxigênio são substituídos por átomos de enxofre. São sintetizados a partir da reação de amins primária e secundária com dissulfeto de carbono sob condições alcalinas (KANCHI et al., 2013). Mancozebe é o mais comumente usado. O método mais utilizado para análise de resíduos dessa classe de fungicidas em alimentos é a determinação indireta do produto de degradação dissulfeto de carbono (CS₂), comum a todos os ditiocarbamatos. Desta maneira, no Brasil, no Codex e em outros países, os LMR dos resíduos de ditiocarbamatos são expressos em mg de CS₂.kg⁻¹ de amostra, a partir de estudos de campo conduzidos por cada composto separadamente.

Figura 18- Forma estrutural Ditiocarbamatos.



Fórmula bruta: (C₄H₆N₂S₄Mn)_x (Zn)_y

Fonte: BRASIL, 2003.

A Dose Diária Aceitável ou Ingestão Diária Aceitável (IDA) é quantidade máxima que ingerida diariamente, durante toda a vida, parece não oferecer risco apreciável à saúde, à luz dos conhecimentos atuais. É expressa em mg do agrotóxico por kg de peso corpóreo (mg/kg p.c.). O intervalo de segurança ou período de carência corresponde ao prazo entre a última aplicação do agrotóxico e a colheita ou comercialização da fruta, a fim de que os resíduos sejam reduzidos ao teor tolerável ao consumo humano (BRASIL, 2003).

Os LMRs e a IDA estabelecidos para os agrotóxicos/pesticidas que foram encontrados neste trabalho para a cultura da manga no Brasil são apresentados na Tabela 18.

Assim, pode-se inferir que os valores dos resíduos de agrotóxicos/pesticidas encontrados na FCML estão muito abaixo dos LMRs permitidos pela legislação para a cultura da manga, podendo ser utilizada como ingrediente na produção de alimentos.

Tabela 18- LMR e IDA para os agrotóxicos/pesticidas encontrados na farinha da casca de manga liofilizada (FCML).

Agrotóxico/Pesticida	Modalidade de Emprego (Aplicação)	LMR (mg.kg⁻¹)	IDA (mg.kg⁻¹) p.c	Intervalo de Segurança
Azoxistrobina	Foliar	0,4	0,02	3 dias
Carbendazim *	Foliar	2,0	0,08	14 dias
Difenoconazol	Foliar	0,2	0,6	7 dias
Ditiocarbamatos (µg CS2.kg ⁻¹) (Mancozebe)	Imersão dos frutos	1,0	0,03	10 dias 1 dia

LMR: limite máximo de resíduo; IDA: Ingestão Diária Aceitável.

*Os LMRs referem-se à soma de tiofanato-metílico e carbendazim, expressos como carbendazim. Para fins de monitoramento de resíduos, devem ser considerados os LMRs estabelecidos nas monografias de Carbendazim e Tiofanato-Metílico, cujos resíduos são expressos como carbendazim.

Fonte: ANVISA, 2019.

5.4 Capacidade antioxidante da farinha da casca de manga liofilizada

A FCML foi submetida a ensaios para avaliação de sua capacidade antioxidante, utilizando as metodologias do β-caroteno e ácido linoléico, sequestro do radical ABTS^{•+} (2,2'-azino-bis (3-etil-benzolona-6-sulfonato) e teste do poder redutor, como apresentados na Tabela 19.

Tabela 19- Avaliação da capacidade antioxidante da farinha da casca de manga liofilizada (FCML).

Ensaio	Resultados
β-Caroteno e Ácido Linoléico (% proteção)	56,09
ABTS ^{•+} (CE ₅₀ mg.mL ⁻¹)	2,03±0,01
Poder Redutor (CE ₅₀ mg.mL ⁻¹)	1,09±0,24

Valores médios ± desvio padrão.

O percentual de inibição da oxidação foi avaliado pela capacidade de proteção da oxidação do β-caroteno. O extrato da farinha apresentou 56,09% de proteção contra a oxidação, podendo assim, inferir que esta possui elevado potencial antioxidante. Esse resultado pode ser atribuído ao conteúdo de carotenoides presentes na amostra.

Em um estudo realizado com o extrato das frutas açaí, acerola, morango e amora, onde Duarte-Almeida et al. (2006) testaram a capacidade antioxidante desses extratos por meio do sistema β -caroteno e ácido linoléico, foi verificado que as frutas apresentaram altos valores, que variaram entre 20 e 70% de inibição.

Os resultados da capacidade antioxidante para os ensaios de ABTS⁺ e poder redutor foram expressos em valores de CE₅₀, que correspondem à concentração efetiva de extrato necessária para reduzir em 50% a concentração inicial do radical ABTS⁺, e a concentração de extrato necessária para inibir 50% do complexo Fe(III)/ferricianeto [FeCl₃/K₃Fe(CN)₆]. Os valores de CE₅₀ foram calculados a partir da equação da reta proveniente da representação gráfica da absorbância registrada em função da concentração de extrato, substituiu-se o y por 0,5 e x correspondeu ao valor de CE₅₀. Portanto, quanto menor o valor de CE₅₀ maior a capacidade antioxidante do extrato analisado. Assim, a farinha da casca de manga liofilizada apresentou CE₅₀ 2,03 mg.mL⁻¹ para o ensaio de ABTS⁺ e CE₅₀ 1,09 mg.mL⁻¹ para o poder redutor, estes resultados demonstraram expressivo potencial antioxidante.

Alguns autores afirmam que existe relação positiva entre teores de fenólicos totais e a capacidade antioxidante de frutas (CANUTO et al, 2010; OLIVEIRA et al, 2011; SOUSA et al, 2011), porém a capacidade antioxidante in vivo de frutas tropicais não é resultado de um único componente fitoquímico. Neste trabalho observou-se valores elevados para diferentes compostos que apresentam capacidade antioxidante, como os compostos fenólicos, flavonoides, carotenoides e ácido ascórbico. Este fato demonstra que para algumas aplicações não há necessidade de isolamento dos compostos individuais a fim de favorecer a capacidade antioxidante. Para uma diversidade de condições reacionais e espécies alvo, a capacidade antioxidante da FCML é efetiva.

5.5 Otimização das concentrações de polpa (PM) e farinha de casca de manga liofilizada (FCML) na produção de sorvete

Nos modelos ajustados na avaliação dos parâmetros para otimização das concentrações de polpa e farinha de casca de manga liofilizada na produção de sorvete, as variáveis X₁ e X₂ remetem às concentrações de polpa e farinha, respectivamente.

5.5.1 Avaliação do parâmetro cor nos sorvetes produzidos com polpa e casca de manga liofilizada

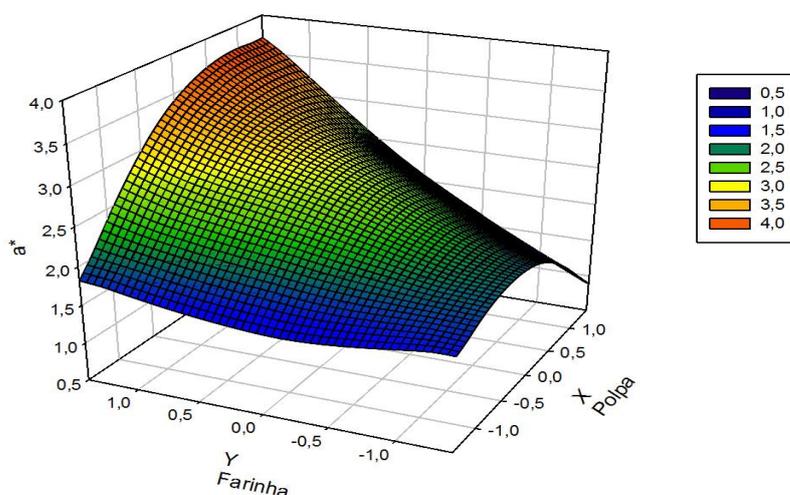
O delineamento composto central rotacional (DCCR) foi utilizado para elucidar o efeito principal e a interação dos fatores estudados: influência das concentrações da PM e da FCML nas amostras de sorvete quanto aos parâmetros de cor. Os modelos ajustados para os parâmetros de cor dos sorvetes desenvolvidos estão apresentados na Tabela 20.

Tabela 20- ajustados para os parâmetros de cor dos sorvetes desenvolvidos com polpa (PM) e farinha da casca de manga liofilizada (FCML).

Parâmetros	Modelos ajustados	R ²
a*	$\hat{y}=2,67611 + 0,18762X_1 + 0,51710X_2 - 0,43249X_1^2 + 0,35500X_1X_2$	0,99
b*	$\hat{y}=26,09911 + 1,28651X_1 + 1,81557X_2 - 0,53114X_1^2$	0,94
L*	$\hat{y}=71,68607 - 0,38254X_1 - 3,51241X_2 + 1,98795X_1^2 + 0,97514X_2^2$	0,94
dE	$\hat{y}=76,35003 + 0,06950X_1 - 2,69240X_2 + 1,70279X_1^2 + 0,94756X_2^2$	0,93

A superfície de resposta para a variável cor, parâmetro a*, nos ensaios realizados está apresentada na Figura 19, indicando que as concentrações de polpa e farinha influenciaram diretamente no parâmetro. Quanto maiores forem as concentrações de polpa e farinha obtêm-se maiores valores de a*, e assim, maior será a tendência do sorvete ser associado com a cor natural do fruto. As formulações 1, 4 e 8 possuem as melhores combinações nas concentrações de polpa e farinha que poderão fornecer maiores valores para o parâmetro a*.

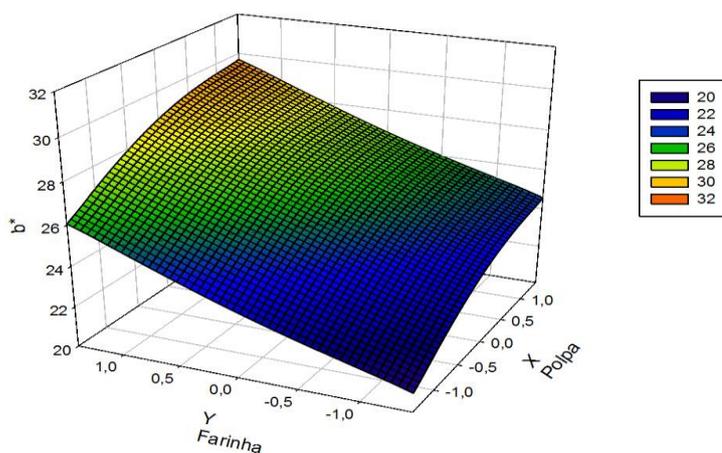
Figura 19- Gráfico da análise da superfície de resposta para a variável cor, parâmetro a*, das formulações de sorvetes com polpa e farinha da casca de manga liofilizada.



Fonte: a autora.

Para o parâmetro b^* (Figura 20), foi observado comportamento semelhante ao parâmetro a^* , a polpa e a farinha também influenciaram significativamente nos tons de amarelo observados nos sorvetes. Quando as maiores concentrações de polpa são associadas às maiores concentrações de farinha, o parâmetro b^* atinge seus valores máximos, e conseqüentemente, maior é a tonalidade amarelo nas amostras. No estudo de cor realizado, neste trabalho, com a polpa e a farinha de manga verificou-se que a polpa atingiu valor mais alto em relação ao parâmetro b^* (cerca de 65) do que a farinha (cerca de 27). Observa-se que a polpa e casca de manga são ricas em carotenoides, um pigmento natural, responsável pela cor amarela, laranja ou vermelha da manga, e que, possivelmente, ocorreram poucas perdas desse pigmento durante o processamento dos sorvetes. As formulações 4, 6 e 8 possuem as melhores combinações das concentrações de polpa e farinha para obtenção de valores mais altos para o parâmetro b^* , ou seja, maior tonalidade amarelo.

Figura 20- Gráfico da análise da superfície de resposta para a variável cor, parâmetro b^* , das formulações de sorvetes com polpa e farinha da casca de manga liofilizada.



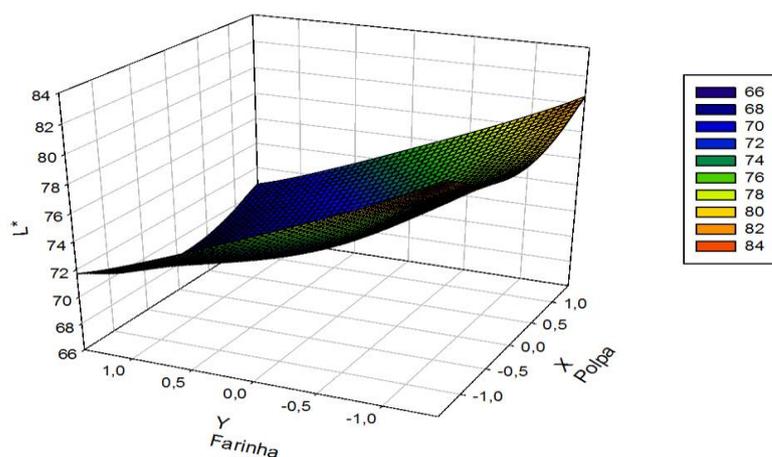
Fonte: a autora.

O parâmetro L^* , luminosidade, sofreu influência direta das concentrações de polpa e farinha presentes no sorvete (Figura 21). Todas as amostras apresentaram altos valores para luminosidade, indicando coloração clara com predominância da cor amarela. Porém, as concentrações de polpa tiveram maior efeito. Com concentrações menores de farinha, obtêm-se maiores valores de luminosidade. Foi observado comportamento semelhante para o parâmetro dE (Figura 22). Segundo Francis e Clydesdale (1975) os valores da diferença global da cor (dE^*) são dependentes das diferenças nas coordenadas de cor L^* , a^* , e b^* e estão relacionadas a variações na cor perceptíveis à visão humana. Valor de dE igual ou

superior a dois pode ser considerado como uma diferença entre dois tratamentos perceptivelmente visível ao olho humano. As formulações 2 e 6 possuem as maiores concentrações de polpa associadas a baixas concentrações de farinha.

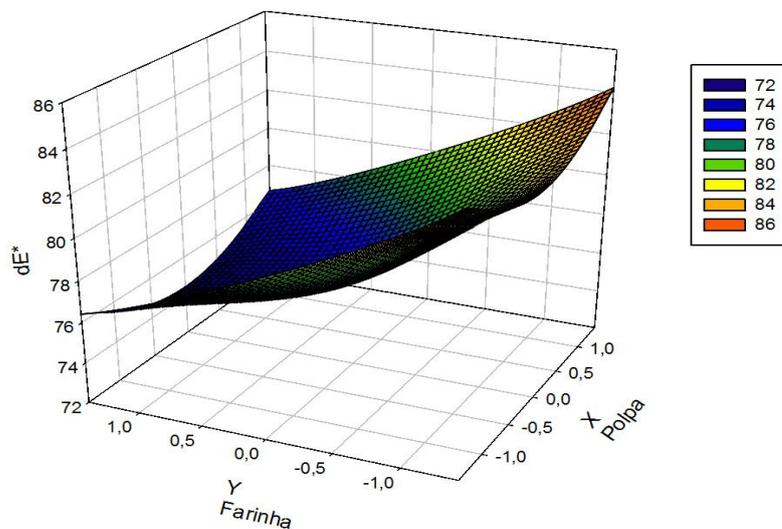
Assim, em consideração aos parâmetros de cor as formulações 2, 4, 6 e 8 apresentaram os resultados mais satisfatórios.

Figura 21- Gráfico da análise da superfície de resposta para a variável cor, parâmetro L^* , das formulações de sorvetes com polpa e farinha da casca de manga liofilizada.



Fonte: a autora.

Figura 22- Gráfico da análise da superfície de resposta para a variável cor, parâmetro dE^* , das formulações de sorvetes com polpa e farinha da casca de manga liofilizada.



Fonte: a autora.

5.5.2 Avaliação das propriedades de oxidação nos sorvetes produzidos com polpa e casca de manga liofilizada

Os modelos ajustados para as propriedades de oxidação dos sorvetes estão apresentados na Tabela 21. Foi avaliada a influência das concentrações da PM e da FCML nos parâmetros das propriedades de oxidação dos sorvetes produzidos.

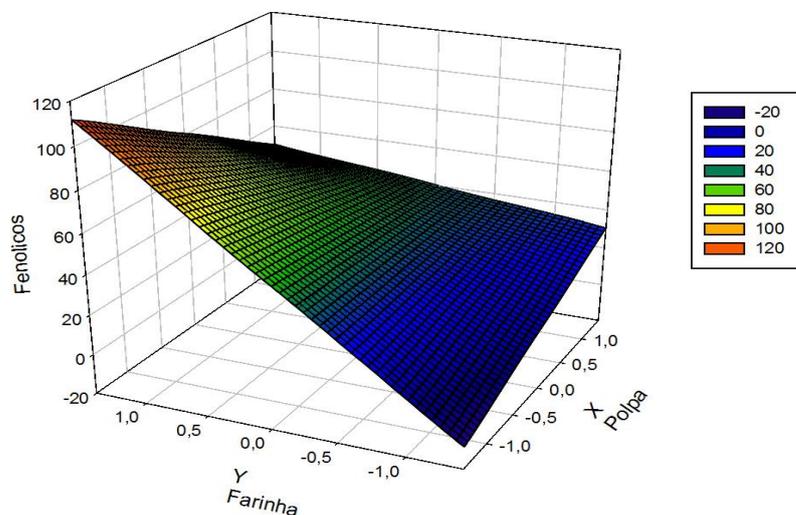
Tabela 21- Modelos ajustados para os parâmetros de oxidação dos sorvetes desenvolvidos com polpa (PM) e farinha da casca de manga liofilizada (FCML).

Parâmetros	Modelos ajustados	R ²
Fenólicos	$\hat{y} = 45,83315 - 3,94766X_1 + 24,80250X_2 - 13,34500X_1X_2$	0,83
Poder Redutor	$\hat{y} = 0,07615 - 0,02024X_2$	0,62
ABTS ⁺	$\hat{y} = 0,13138 - 0,06999X_2$	0,75
Beta-Caroteno	$\hat{y} = 75,77411 + 10,33696X_2 - 11,36376X_2^2$	0,76

O gráfico da superfície de resposta para o parâmetro conteúdo de fenólicos totais dos ensaios realizados está apresentado na Figura 23, indicando que as concentrações de farinha e polpa influenciam diretamente neste parâmetro. Quanto maiores as concentrações de farinha, maior o conteúdo de fenólicos totais dos sorvetes. No ponto onde se observa a máxima concentração de polpa e a máxima de farinha, os valores do conteúdo de fenólicos tendem a diminuir. Este comportamento pode ser explicado pelo fato de que a água contida na polpa pode auxiliar na redução da concentração desses compostos, assim, à medida que se aumenta a concentração de polpa, ocorre a diluição dos compostos antioxidantes que se encontram concentrados na farinha. As formulações 1 e 8 apresentam os resultados mais satisfatórios para a combinação de altos teores de farinha e teores menores de polpa.

Os parâmetros Poder Redutor e ABTS⁺ dos ensaios estão representados nos gráficos apresentados nas Figuras 24 e 25, respectivamente. As concentrações de polpa não apresentaram efeito significativo para essas variáveis, com relação a farinha observou-se comportamentos semelhantes em relação à capacidade antioxidante dos sorvetes avaliadas pelo método do Poder Redutor e pelo método do radical ABTS⁺. Os valores para estes dois parâmetros estão apresentados em CE₅₀, assim, quanto menores os valores de CE₅₀ maior a capacidade antioxidante do extrato analisado. Portanto, pode-se inferir que quanto maiores forem as concentrações de FCML presentes nas formulações dos sorvetes, maior será a capacidade antioxidante, avaliada por esses dois métodos, dos sorvetes produzidos.

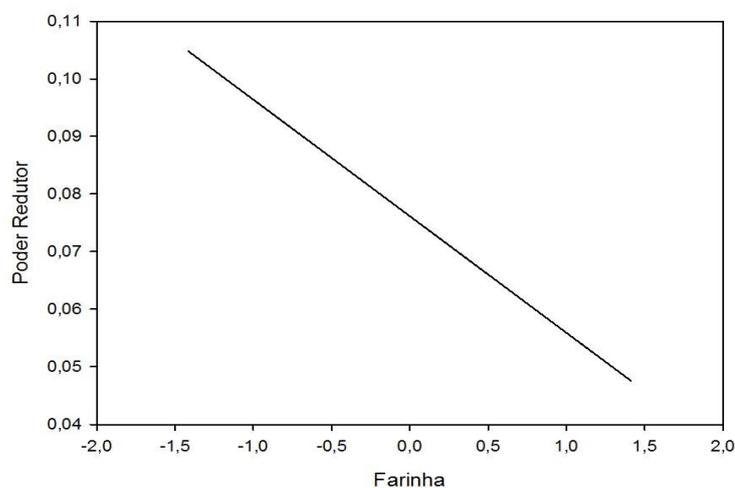
Figura 23- Gráfico da análise da superfície de resposta para a variável conteúdo de fenólicos totais das formulações de sorvetes com polpa e farinha da casca de manga liofilizada.



Fonte: a autora.

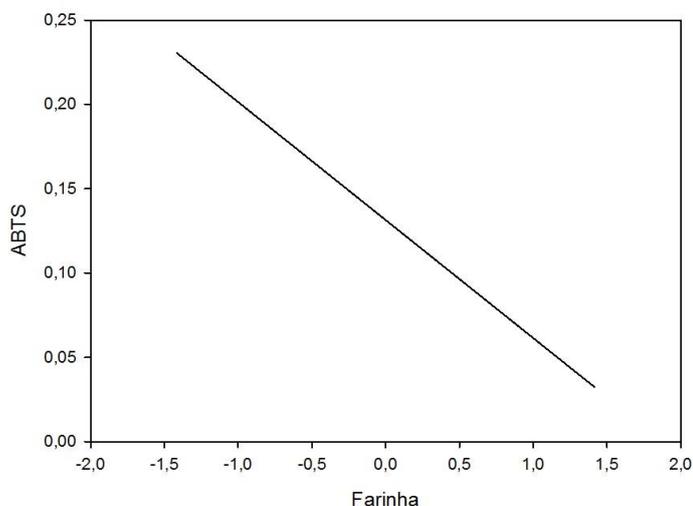
Nas formulações dos sorvetes os valores de CE_{50} foram inferiores aos obtidos nos ensaios apenas da FCML, o que pode indicar que houve um efeito sinérgico dos compostos da farinha com os ingredientes do sorvete. É comum ocorrer o inverso nos sistemas alimentares reais, porque a reatividade química dos compostos antioxidantes com outros componentes dos alimentos pode afetar significativamente a capacidade antioxidante.

Figura 24- Gráfico da análise para a variável Poder Redutor das formulações de sorvetes com polpa e farinha da casca de manga liofilizada.



Fonte: a autora.

Figura 25- Gráfico da análise para a variável ABTS⁺ das formulações de sorvetes com polpa e farinha da casca de manga liofilizada.

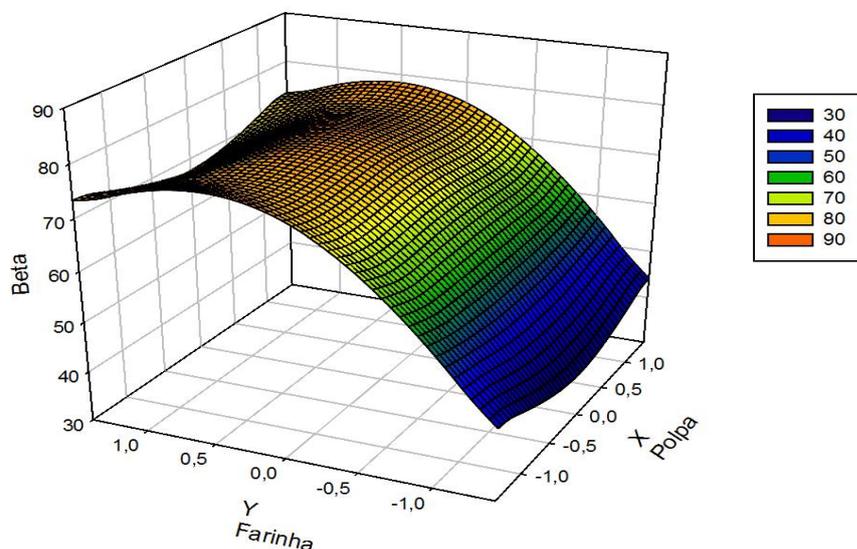


Fonte: a autora.

A superfície de resposta para a variável capacidade antioxidante avaliada pelo sistema beta caroteno e ácido linoléico das amostras de sorvete produzidos com polpa e FCML está ilustrada através da Figura 26.

De acordo com o gráfico apresentado, os valores de porcentagem de proteção aumentaram com o aumento da concentração de farinha, até um ponto máximo em relação à farinha, em torno de 0,5. As concentrações de polpa não influenciaram estatisticamente quanto à capacidade antioxidante das amostras. Assim, a formulação 8 apresenta a melhor concentração de farinha que irá fornecer valores mais satisfatórios em relação a capacidade antioxidante dos sorvetes por este sistema. As formulações 4, 6 e 8 são as que se adequam melhor para os parâmetros de oxidação das amostras de sorvete.

Figura 26- Gráfico da análise da superfície de resposta para a variável capacidade antioxidante pelo sistema beta caroteno e ácido linoleico dos sorvetes formulados com polpa e farinha da casca de manga liofilizada.



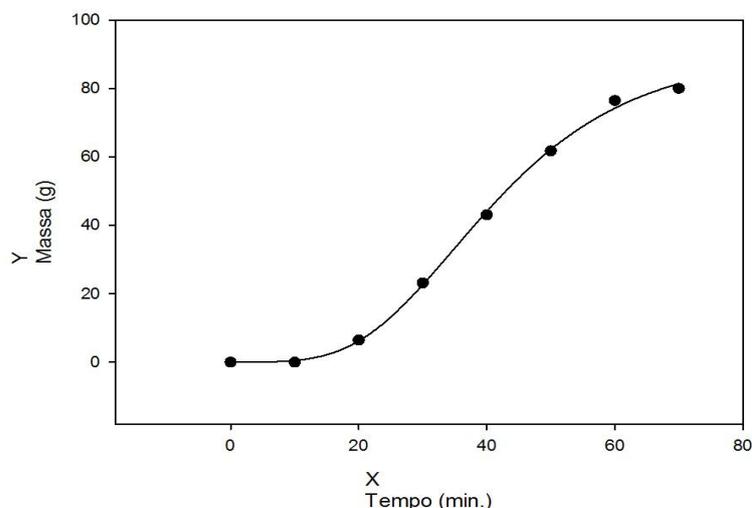
Fonte: a autora.

5.5.3 Avaliação das propriedades tecnológicas dos sorvetes produzidos com polpa e casca de manga liofilizada

O comportamento durante o derretimento dos sorvetes produzidos foi analisado através do acompanhamento do gráfico de massa de sorvete drenado versus tempo. Todas as formulações apresentaram comportamento sigmoidal, como exemplo da formulação apresentada a partir da Figura 27.

O fenômeno do derretimento é governado por vários fatores, entre eles a taxa de incorporação de ar ou *overrun* (SOFJAN e HARTEL, 2004), as interações lipídicas e a cristalização da gordura (GRANGER et al., 2005), tipo e concentração de emulsificante (BOLLIGER et al., 2000), além do diâmetro dos glóbulos de gordura, indicando a extensão de desestabilização e coalescência parcial ocorrida durante a fabricação do sorvete (CORREIA et al., 2008; SILVA, et al., 2013).

Figura 27- Comportamento médio do derretimento do sorvete, produzido com polpa e farinha da casca de manga liofilizada.



Fonte: a autora.

Foi avaliada a influência das concentrações da PM e da FCML nos parâmetros de derretimento, incorporação de ar e textura dos sorvetes. As concentrações de polpa e farinha não apresentaram efeitos significativos para as variáveis tempo e taxa de derretimento, dureza, elasticidade e coesividade, em nível de significância de 5% ($p < 0,05$). Os modelos ajustados para as propriedades tecnológicas, *overrun* e gomosidade, dos sorvetes estão apresentados na Tabela 22.

Tabela 22- Modelos ajustados para as propriedades tecnológicas, overrun e gomosidade, dos sorvetes desenvolvidos com polpa (PM) e farinha da casca de manga liofilizada (FCML).

Parâmetros	Modelos ajustados	R ²
<i>Overrun</i>	$\hat{y} = 36,77776 + 3,17478X_1 + 13,56232X_2 + 8,40741X_1^2$	0,72
Gomosidade	$\hat{y} = 0,774602 + 0,059332X_1 + 0,146980X_2 - 0,167951X_1^2 - 0,183956X_2^2 + 0,196X_1X_2$	0,84

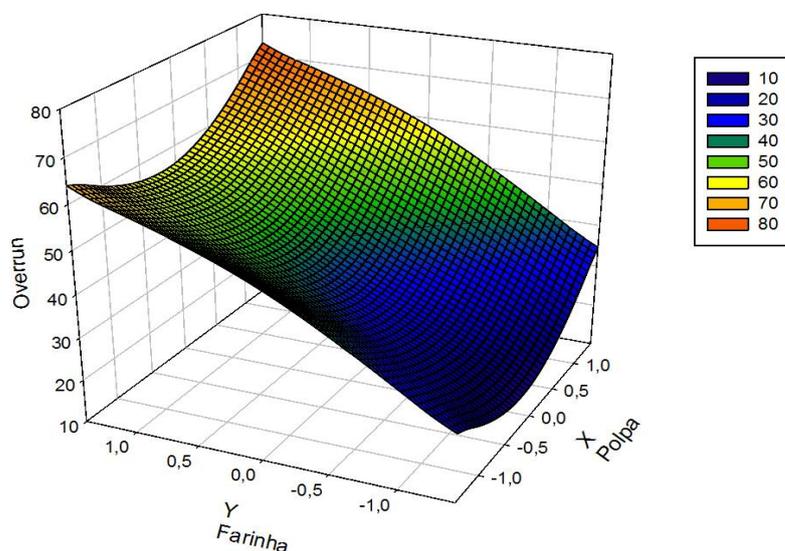
A superfície de resposta para o *overrun* nos ensaios realizados está apresentada na Figura 28, indicando que maiores concentrações de farinha tendem a aumentar os valores de *overrun*, já que o teor de sólidos tende a melhorar o corpo do sorvete. Os carboidratos, ao formarem solução com a água contribuem para a redução do ponto de congelamento da mistura. Sua presença contribui para o aumento da viscosidade, do tempo de batimento da mistura e da suavidade de textura (SOUZA et al., 2010).

À medida que se aumenta a concentração de polpa pode-se verificar um alto valor inicial do *overrun*, seguido da queda desse valor, e outro aumento em sequência. Além de contribuir para o aumento no teor de sólidos, mesmo em quantidades menores em relação à

farinha, a polpa também contribui para o aumento no teor de umidade (água) no sorvete. A água se encontra no estado líquido como solvente de sais e açúcares, e na forma sólida como cristais de gelo. Quanto maior a quantidade e tamanho dos cristais de gelo formados, menor será a estabilidade do sorvete, contribuindo assim, para uma menor taxa de *overrun*.

Por outro lado, o aumento da concentração da polpa também pode influenciar no pH da mistura e conseqüentemente na estabilidade da espuma. A polpa apresentou pH de 4,12, podendo contribuir para a aproximação do ponto isoelétrico da caseína (4,6). Segundo Fennema et al. (2010) as espumas estabilizadas por proteínas são mais estáveis no pH isoelétrico da proteína do que em qualquer outro pH, contanto que não haja insolubilização da proteína no ponto isoelétrico. Na região do PI ou perto dele, a falta de interações repulsivas promove interações favoráveis de proteína-proteína e a formação de uma película viscosa na interface. Além disso, ocorre aumento na quantidade de proteína adsorvida à interface no PI por causa da falta de repulsão entre a interface e as moléculas em adsorção. Esses dois fatores aumentam tanto a espumabilidade como a estabilidade da espuma. As formulações 1, 4, 6 e 8 apresentaram melhores valores para *overrun*.

Figura 28- Gráfico da análise da superfície de resposta para a variável *overrun* nas formulações de sorvetes com polpa e farinha da casca de manga liofilizada.



Fonte: a autora.

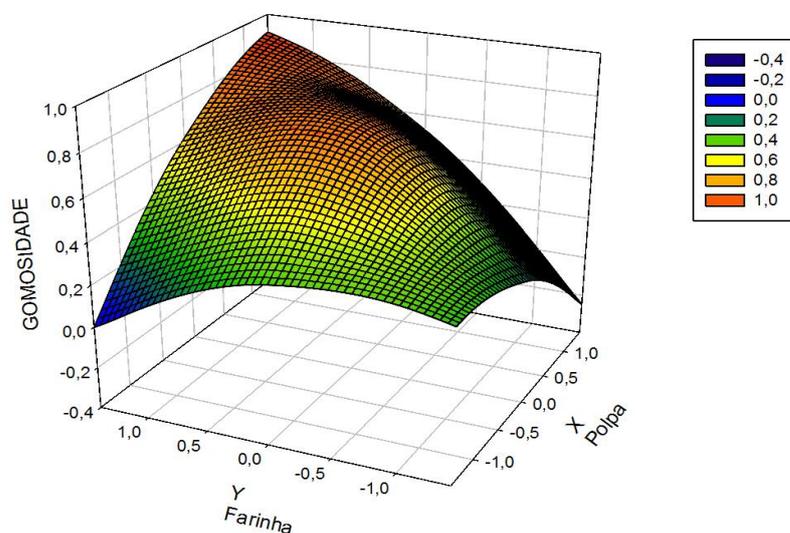
Diversos fatores são determinantes para o desenvolvimento da incorporação de ar em sorvetes, tais como: conteúdo de sólidos totais (quanto maior o conteúdo de sólidos totais, maior será a incorporação de ar ao sorvete); da quantidade de gordura (quanto maior o teor de

gordura, menor será o ar incorporado); do tipo e quantidade de emulsificantes e estabilizantes; e do tipo do equipamento de congelamento (as produtoras contínuas incorporam maiores quantidades de ar que as produtoras em batelada (SOFJAN e HARTEL, 2004; LAMOUNIER et al., 2015; CRUXEN et al., 2017).

A quantidade de ar incorporado durante o batimento e congelamento influencia o tamanho dos cristais de gelo, sendo que para baixos *overruns* é esperado cristais de gelo maiores. Alguns trabalhos são contraditórios na correlação entre quantidade de ar incorporada e dureza dos sorvetes, pois a dureza está relacionada também com outros fatores, como por exemplo, o tamanho dos cristais de gelo e de gordura (SOFJAN e HARTEL, 2004).

A gomosidade é caracterizada como a energia necessária para desintegrar um alimento semi-sólido para ser engolido sem ser mastigado e também visto como a força necessária para desintegrar o material. Para este parâmetro a adição da PM e da FM apresentou grande influência, de maneira que maiores concentrações de polpa e de farinha apresentam maiores necessidades energéticas para desintegrar os sorvetes (Figura 29). Esse comportamento é governado pelas mesmas interações que governam a dureza e coesividade, pois a gomosidade é um produto destes dois parâmetros (BOURNE, 2002). Quanto maior as concentrações de polpa e farinha nas formulações do sorvete maior é o teor de sólidos, e conseqüentemente, menor o teor da fase líquida, aumentando a viscosidade do sorvete e tornando o sistema mais rígido. Apesar dos teores de sólidos contribuírem para melhorar o corpo e aumentar o valor nutritivo do sorvete, quando em excesso, pode deixar o sorvete com corpo pesado e pastoso. As formulações 4, 6 e 8 apresentaram maiores teores de polpa e farinha e, portanto, maiores valores de gomosidade.

Figura 29- Gráfico da análise da superfície de resposta para a variável gomosidade nas formulações de sorvetes com polpa e farinha da casca de manga liofilizada em diferentes concentrações.



Fonte: a autora.

5.6 Avaliação das propriedades tecnológicas dos sorvetes produzidos com PM, FCML e substitutos de gordura

Os valores preditos pelo modelo estatístico e os pontos experimentais estão demonstrados nas figuras de superfície de resposta. Foi avaliada a influência das concentrações dos hidrocolóides inulina, goma guar e goma arábica, como substitutos de gordura, nos parâmetros de derretimento (tempo e taxa), incorporação de ar (*overrun*) e textura (dureza, elasticidade, gomosidade e coesividade), das formulações produzidas a partir da formulação 4 obtida no estudo anterior.

As concentrações dos hidrocolóides não apresentaram efeitos significativos para as variáveis tempo de derretimento e coesividade, em nível de significância de 5% ($p < 0,05$). Os modelos ajustados para as propriedades tecnológicas, taxa de derretimento, *overrun*, dureza, elasticidade e gomosidade estão apresentados na Tabela 23.

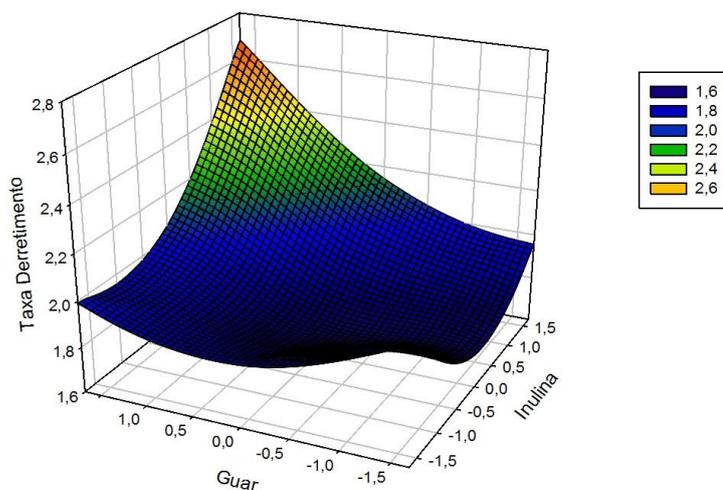
Os gráficos da análise de superfície de resposta para taxa de derretimento (Figura 30) indicam o efeito da concentração dos hidrocolóides sobre as propriedades de fusão dos sorvetes produzidos. Nas amostras de sorvete que apresentavam gordura na sua formulação, a PM e FCML não apresentaram efeitos significativos nas propriedades de derretimento. Neste caso, onde a gordura foi removida e substituída pelos hidrocolóides, observou-se que, em

todas as amostras, além dos hidrocoloides apresentarem efeitos significativos na taxa de derretimento, os menores valores das taxas estão localizados próximos aos pontos centrais.

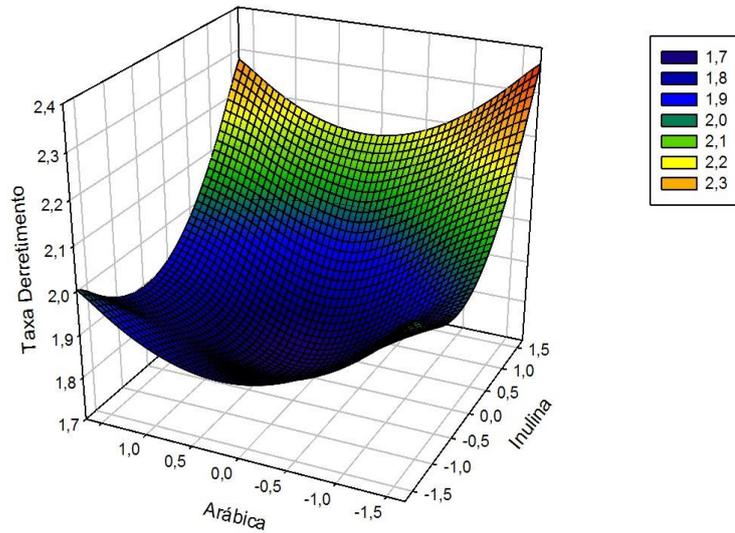
Tabela 23- Modelos ajustados para as propriedades tecnológicas, taxa de derretimento, overrun, dureza, elasticidade e gomosidade, dos sorvetes desenvolvidos com PM, FM e substitutos de gordura.

Parâmetros	Modelos ajustados	R ²
Taxa Derretimento	$\hat{y}=1,70788+0,08123X_1+0,09179X_2-0,02641X_3+0,09125X_1X_2+0,10650X_1^2+0,06930X_2^2+0,08879X_3^2$	0,90
Overrun	$\hat{y}=77,278022 + 9,72003X_1 - 12,47501X_2 + 7,30437X_3 - 19,33138X_1X_2 + 26,463372X_2^2$	0,73
Dureza	$\hat{y}=28,122893 - 3,98171X_1$	0,20
Elasticidade	$\hat{y}=3,386500 + 0,13456X_1 + 0,35922X_2 + 0,00963X_3 - 0,40250X_1X_3$	0,45
Gomosidade	$\hat{y}=1,383206 - 0,099285X_1 + 0,145468X_2 - 0,168736X_1^2$	0,50

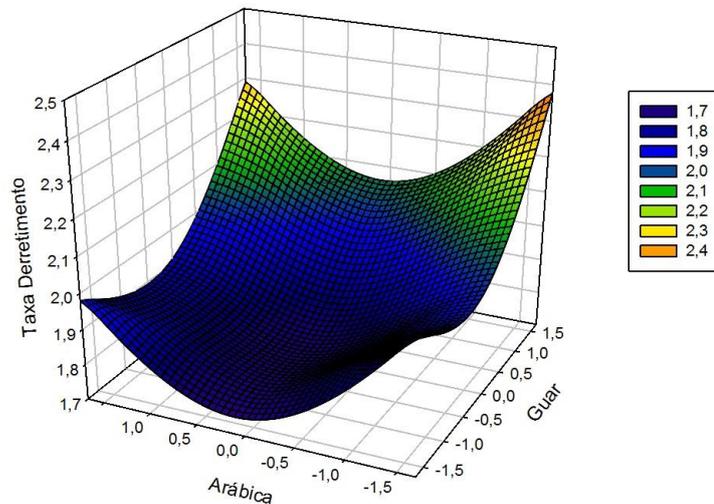
Figura 30- Gráfico da análise da superfície de resposta para a variável taxa de derretimento nas formulações de sorvete com PM, FCML e substitutos de gordura. A: goma guar e inulina, B: goma arábica e inulina, C: goma arábica e goma guar.



(A)



(B)



(C)

Fonte: a autora.

Existe uma relação entre a taxa de derretimento e a propriedade de difusividade térmica no sorvete, portanto, qualquer fator que afeta a difusividade térmica pode influenciar a taxa de fusão. A gordura do leite ou os óleos vegetais reduzem a difusividade térmica do sorvete, assim a gordura pode atuar como um isolante diante do calor que penetra do perímetro no sorvete. Além disso, a gordura estabiliza as células do ar na estrutura do sorvete, com a gordura circundante parcialmente envolvida, causando melhor forma de retenção do sorvete durante o armazenamento e o consumo. Portanto, os sorvetes com baixo teor de gordura possuem maiores taxas de fusão em comparação com os sorvetes com alto teor de gordura (AKBARI, ESKANDARI e DAVOUDI, 2019).

As gomas inulina e guar são as que apresentaram maior influência na taxa de derretimento dos sorvetes, podendo verificar um efeito sinérgico entre elas. Maiores os teores

desses hidrocolóides presentes, maiores foram as taxas de derretimento. Porém, em estudos realizados com a adição de inulina em sorvetes com baixo teor de gordura, Akbari et al. (2016) verificaram que a adição de inulina não teve efeito na taxa de fusão dos sorvetes com baixo teor de gordura, contendo inulina, em comparação com o sorvete com baixo teor de gordura e sem inulina. Concluíram, portanto, que o menor teor de gordura foi provavelmente a principal razão para a maior taxa de fusão do sorvete com baixo teor de gordura em comparação com o sorvete de controle.

Javidi et al. (2016), avaliando a funcionalidade da incorporação de goma de manjeriço, goma guar e sua mistura em sorvetes com baixo teor de gordura, verificaram que a adição da goma de manjeriço reduziu consideravelmente a taxa de fusão das amostras em todas as concentrações avaliadas em comparação com a goma guar e sua mistura, com diferenças quase insignificantes entre as duas últimas nas mesmas concentrações. Segundo os autores a viscosidade mais alta, obtida pelos sorvetes com substituição, foi parcialmente responsável pela maior resistência à fusão.

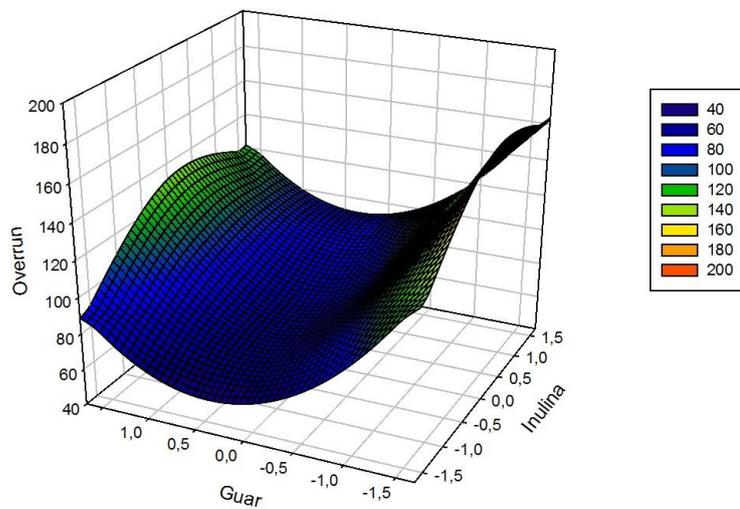
O *overrun* é um parâmetro importante que afeta a cor, estrutura, aspectos sensoriais, textura e comportamento de fusão do sorvete (KURT e ATALAR, 2018). A adição das gomas no sorvete resultou em um aumento substancial na incorporação de ar nas misturas. Os valores de *overrun* foram encontrados na faixa de 40 a 160% (Figura 31).

Verificou-se que a inulina e a goma arábica apresentaram maior influência nos valores de *overrun*, porém, não apresentaram um grande efeito sinérgico entre elas para essa propriedade. Os maiores valores de *overrun* também foram verificados nas formulações com as menores concentrações de goma guar.

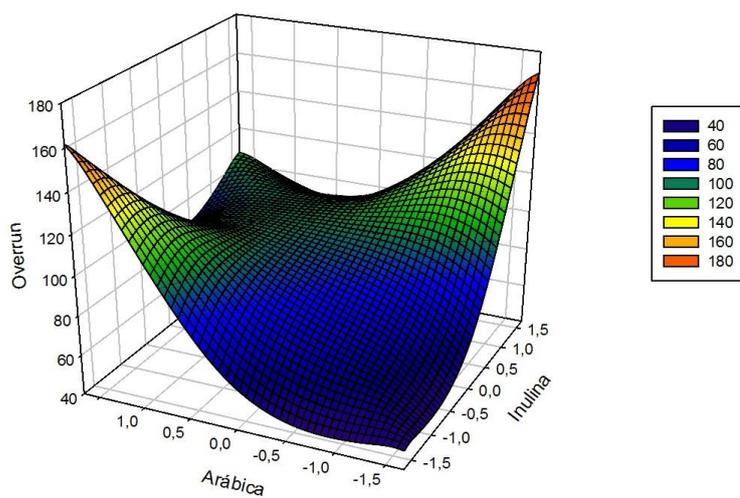
Por outro lado, Javidi et al. (2016) verificaram maiores valores de *overrun* nas amostras de sorvete que continham apenas goma guar em sua formulação do que naquelas que continham goma de manjeriço, na mesma concentração. Não houve diferença significativa entre as amostras com as concentrações mais altas de goma guar e da mistura de guar e manjeriço, o que mostra que houve uma interação sinérgica entre elas.

Segundo Javidi e Razavi (2018) os hidrocolóides são capazes de reduzir a cinética dos fenômenos de recristalização do gelo devido à retenção de água e aprimoramento da microviscosidade, formação de gel e separação de fases. Tais efeitos inibitórios dos hidrocolóides no crescimento de cristais de gelo, bem como sua capacidade de aumentar a viscosidade das misturas, têm influências importantes na incorporação de ar nos sistemas de espuma.

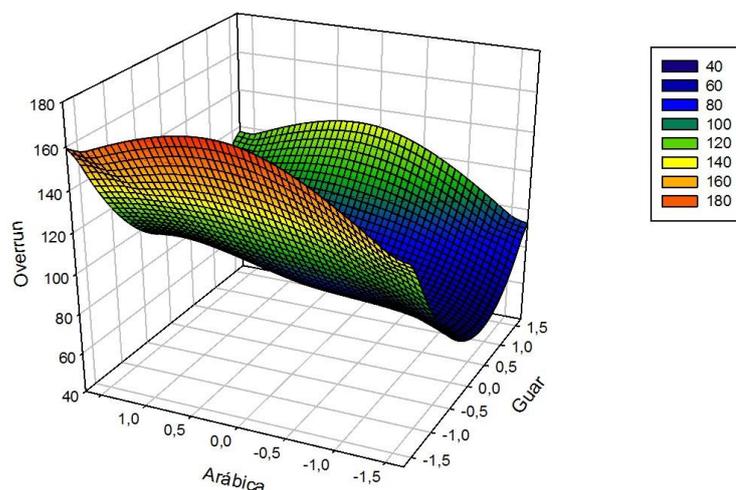
Figura 31- Gráfico da análise da superfície de resposta para a variável overrun nas formulações de sorvete com PM, FCML e substitutos de gordura. A: goma guar e inulina, B: goma arábica e inulina, C: goma arábica e goma guar.



A



B



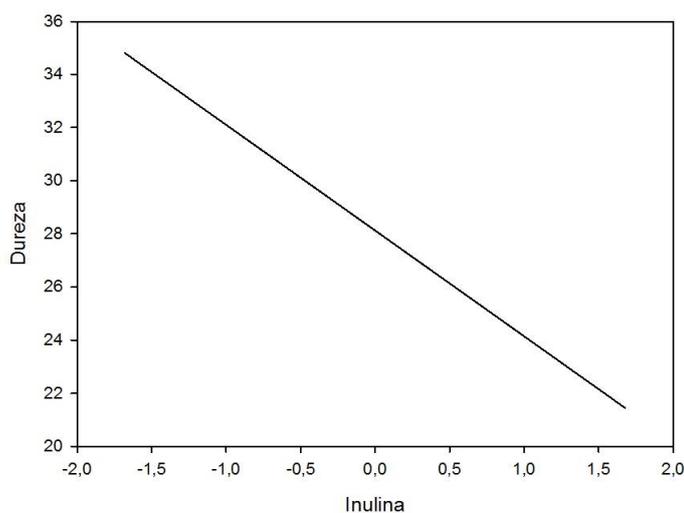
C

Fonte: a autora.

Apenas a inulina apresentou efeito significativo para a variável dureza, em nível de significância de 5% ($p < 0,05$). Alguns fatores como o tamanho do cristal de gelo, o volume da fase de gelo e a quantidade de ar disperso na matriz influenciam a dureza dos sorvetes, que podem ser alterados devido ao tipo e quantidade de ingredientes utilizados na formulação (Javidi e Razavi, 2018). A partir da Figura 32, pode-se observar que a dureza do sorvete diminuiu com o aumento do teor de inulina.

A inulina em soluções aquosas concentradas pode desenvolver uma estrutura de gel formada por uma rede de partículas cristalinas. A propriedade que a inulina tem de absorver a água pode promover a redução dos cristais de gelo na estrutura dos sorvetes, resultando em sorvetes com menor dureza. Uma das justificativas para a redução da dureza de sorvetes com baixo teor de gordura e contendo inulina pode estar relacionada à redução nos pontos de congelamento, como resultado de maiores concentrações de soluto (AKBARI et al., 2016; AKBARI, ESKANDARI e DAVOUDI, 2019).

Figura 32- Gráfico da análise para a variável dureza nas formulações de sorvete com PM, FCML e substitutos de gordura.



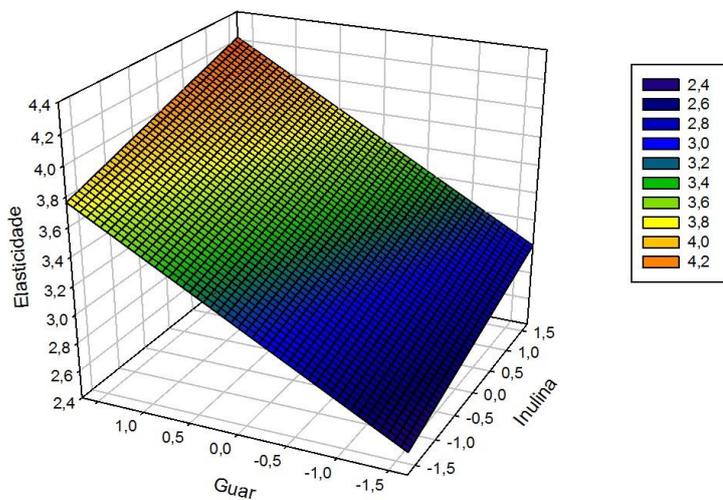
Fonte: a autora.

Todos os hidrocoloides avaliados apresentaram efeito significativo para o parâmetro elasticidade (Figura 33). Verificou-se que a inulina e a goma guar apresentaram efeito sinérgico para esta propriedade. A goma arábica possui maior efeito quando a concentração de inulina na mistura é menor. As longas cadeias de inulina têm a capacidade de formar microcristais quando dissolvidas em água ou leite para formar uma textura cremosa, ligando a água para formar uma rede de gel particulado, resultando em uma textura macia. A inulina também interage com as proteínas do leite. Uma vez que as cadeias de inulina não possuem grupos carboxila carregados, promovem interações hidrofóbicas entre proteínas e inulina. Essa interação reforça a estrutura do sorvete, estabilizando a fase sérica (PINTOR et al., 2013).

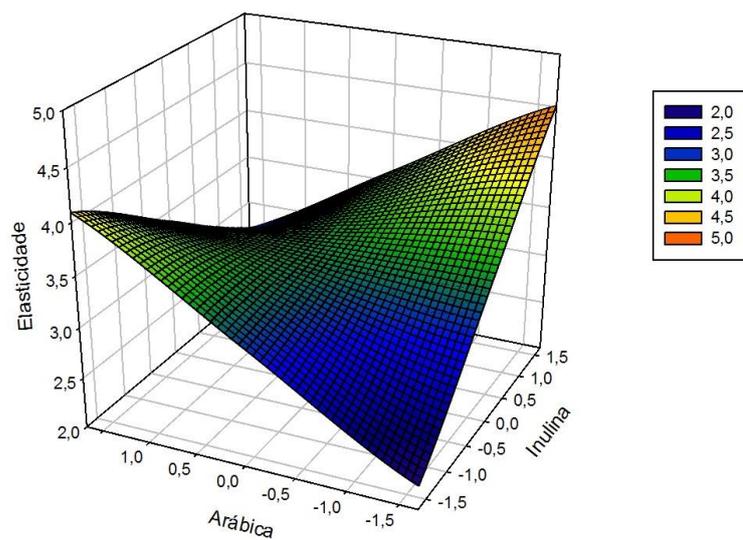
A goma guar apresenta alta solubilidade em água. As cadeias da goma guar contêm vários grupos hidroxila que formam ligações de hidrogênio em solução aquosa. As unidades de galactose e manose presentes interagem com as moléculas de água e resultam em na formação de uma cadeia intermolecular que auxilia no espessamento e no aumento da viscosidade da solução (SHARMA et al., 2018). A viscosidade está relacionada também com a gomosidade, o que pode explicar o efeito positivo da goma guar nesse parâmetro nas amostras de sorvetes avaliadas (Figura 34).

Diante dos dados obtidos e avaliação dos parâmetros apresentados, principalmente o *overrun*, a formulação escolhida para ser submetida à Análise Sensorial foi a formulação 3, com 3% de inulina, 0,1% de goma guar e 0,3% de goma arábica.

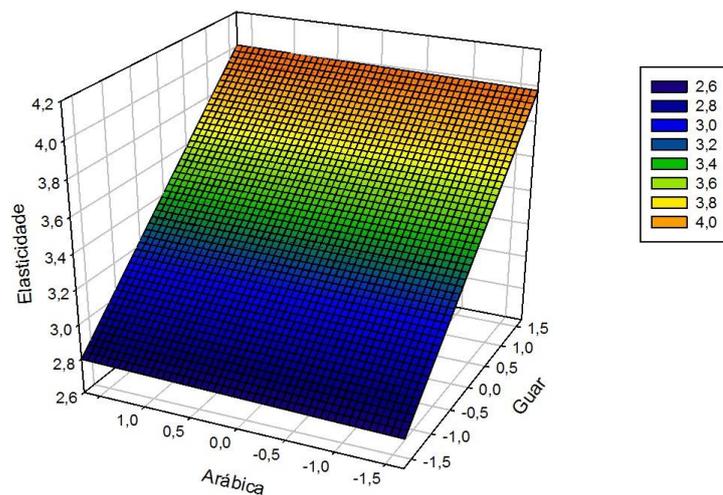
Figura 33- Gráfico da análise da superfície de resposta para a variável elasticidade nas formulações de sorvete com PM, FCML e substitutos de gordura. A: goma guar e inulina, B: goma arábica e inulina, C: goma arábica e goma guar.



(A)

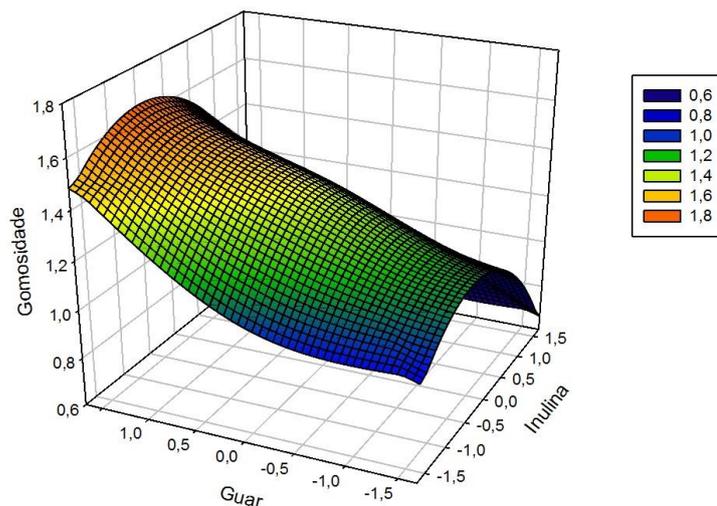


(B)



(C)
Fonte: a autora.

Figura 34- Gráfico da análise da superfície de resposta para a variável gomosidade nas formulações de sorvete com PM, FCML e substitutos de gordura.



Fonte: a autora.

5.7 Resultados análises microbiológicas

Os resultados das análises microbiológicas realizadas na FCML estão apresentados na Tabela 24.

A Resolução RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001 da ANVISA (BRASIL, 2001) não estabelece parâmetros microbiológicos para farinhas obtidas do processamento de frutas. No Anexo 1, letra c, da referida resolução, consta os parâmetros microbiológicos estabelecidos para frutas, produtos de frutas e similares desidratadas, onde os limites são de 10^2 UFC.g⁻¹ para coliformes 45 °C.g⁻¹ e ausência de salmonella. Considerando que o objetivo deste

trabalho foi a produção da farinha de casca de manga liofilizada e que sua aplicação seria em gelado comestível (sorvete), como ingrediente funcional, considerou-se, também, os parâmetros microbiológicos para gelados comestíveis.

Verifica-se que todos os parâmetros estão abaixo dos preconizados pela legislação, podendo-se inferir que a farinha obtida da casca de manga liofilizada pode ser adicionada como ingrediente em produtos alimentícios.

Tabela 24- Resultado das análises microbiológicas realizadas na FCML.

Análises Microbiológicas	Resultados
Contagem de Bolores e Leveduras	$<1,0 \times 10^1$ UFC.g ⁻¹
Contagem de Coliformes Termotolerantes	$<1,0 \times 10^1$ est. UFC.g ⁻¹
Contagem de Coliformes Totais	$<1,0 \times 10^1$ UFC.g ⁻¹
Contagem de Estafilococos coagulase positiva	$<1,0 \times 10^1$ UFC.g ⁻¹
Pesquisa de Salmonella spp. em 25 g	Ausência n.a.

UFC.g⁻¹: Unidade Formadora de Colônia por grama.

est.: estimado ou por estimativa.

n.a.: Não Aplicável.

Para as amostras de sorvete, o item 21, letra a, da resolução, estabelece os parâmetros para gelados comestíveis, onde os limites são de 5×10^1 UFC.g⁻¹ para coliformes termotolerantes, 5×10^2 UFC.g⁻¹ para estafilococos coagulase positiva e ausência de salmonella.

Assim como para a FCML, todas as amostras de sorvete avaliadas apresentaram resultados inferiores aos preconizados pela legislação (Tabela 25). Podendo-se inferir que os sorvetes produzidos podem ser consumidos sem oferecer qualquer risco microbiológico à saúde dos consumidores. A eficiência na higienização dos equipamentos, dos utensílios utilizados e pessoal, além do uso de ingredientes de boa qualidade, e do processo de pasteurização, garantiram os resultados favoráveis na avaliação microbiológica das amostras de sorvete avaliadas.

Tabela 25- Resultado das análises microbiológicas das amostras dos sorvetes produzidos.

Análises Microbiológicas	Resultados
Contagem de Bolores e Leveduras	2,1 x 10 ¹ UFC.g ⁻¹
Contagem de Coliformes Termotolerantes	<1,0 x 10 ¹ est. UFC.g ⁻¹
Contagem de Coliformes Totais	<1,0 x 10 ¹ UFC.g ⁻¹
Contagem de Estafilococos coagulase positiva	<1,0 x 10 ¹ UFC.g ⁻¹
Pesquisa de Salmonella spp. em 25 g	Ausência n.a.

UFC.g⁻¹: Unidade Formadora de Colônia por grama.

est.: estimado ou por estimativa.

n.a.: Não Aplicável.

5.8 Caracterização química e físico-química do sorvete de manga enriquecido com a FCML e substituto de gordura

Os resultados da caracterização química do sorvete otimizado com PM, FCML e substitutos de gordura estão apresentados na Tabela 26.

Tabela 26- Caracterização química e físico-química do sorvete otimizado com PM, FCML e substituto de gordura.

Determinações	Resultados
pH	6,42±0,03
Acidez total titulável (g ácido láctico.100g ⁻¹)	0,37±0,00
Umidade (g.100g ⁻¹)	61,29±0,96
Ácido ascórbico (mg.100g ⁻¹)	13,27±0,36
Lipídeos totais (g.100g ⁻¹)	0,52±0,06
Proteína (g.100g ⁻¹)	5,56±0,35
Sólidos Totais (g.100g ⁻¹)	38,71±0,96
Carboidratos totais (g glicose.100g ⁻¹)	21,88±1,00
Carboidratos redutores (g glicose.100g ⁻¹)	9,71±0,05
Carboidratos não-redutores (g sacarose.100g ⁻¹)	12,17±1,06

Média±desvio padrão.

O valor do pH do sorvete está próximo ao valor do pH do leite (6,6). Observa-se, porém, que o valor para acidez encontrado foi maior do que o do leite, que é de 0,14 a 0,18 g

ácido láctico.100 ml⁻¹ (BRASIL, 2018). Neste caso o conteúdo de ácidos presentes na PM e FCML podem ter contribuído para o aumento no valor da acidez do sorvete.

O teor de ácido ascórbico encontrado no sorvete está muito próximo do que foi encontrado na PM. 100 g do sorvete produzido fornecem aproximadamente 25% da ingestão diária recomendada para um adulto de Vitamina C, de acordo com o Regulamento Técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais da ANVISA (ANVISA, 2005).

A portaria n° 27 de 13 de janeiro de 1998 (BRASIL, 1998) classifica os alimentos como light quando houver uma redução de pelo menos 25% na quantidade de um determinado nutriente e/ou calorias em relação ao alimento tradicional. Portanto, o sorvete obtido pode ser considerado como light.

Os sólidos presentes promovem textura, ajudam a dar corpo, melhoram o sabor, podem aumentar o valor nutritivo do sorvete, porém, em quantidades exacerbadas podem deixar o sorvete com corpo pesado e pastoso. Os açúcares, além de conferirem sabor doce, são determinantes para o ponto de congelamento, para textura e para a palatabilidade do sorvete (SOUZA, et al., 2010).

O resultado da análise instrumental da cor está apresentado na Tabela 27.

Tabela 27- Análise instrumental da cor do sorvete otimizado com PM, FCML e substituto de gordura.

Parâmetros de Cor	Resultados
L*	69,50±0,89
a*	4,85±0,32
b*	30,68±0,30
dE	76,12±0,82

Média±desvio padrão.

Os parâmetros de cor observados na formulação 3 indicaram que o sorvete manteve a coloração após a adição das gomas, na substituição da gordura. Apresentou altos valores para luminosidade (L*) e diferença global da cor (dE*). Os valores de a* e b* também permaneceram positivos, indicando coloração clara com predominância da cor amarela. Assim, pode-se inferir que, possivelmente, ocorreram poucas perdas dos pigmentos presentes durante o processamento do sorvete.

Os resultados da avaliação das propriedades de oxidação estão apresentados na Tabela 28. A formulação 3 apresentou resultados satisfatórios na avaliação dos parâmetros de

oxidação. Os valores mantiveram-se dentro daqueles estudados com as amostras que continham gordura. O acréscimo das gomas em substituição da gordura não afetou negativamente os parâmetros avaliados. A amostra apresentou boa capacidade antioxidante, visto os baixos valores de CE₅₀ apresentados para as análises de ABTS e Poder Redutor, além do valor considerável para a porcentagem de proteção observada na análise de β-Caroteno e Ácido Linoléico.

Tabela 28- Avaliação das propriedades de oxidação do sorvete otimizado com PM, FCML e substitutos de gordura.

Ensaio	Resultados
Constituintes Fenólicos Totais (mg GAE.100 g ⁻¹)	86,93±1,31
β-Caroteno e Ácido Linoléico (% proteção)	61,33±1,57
ABTS ⁺⁺ (CE ₅₀ g.mL ⁻¹)	0,21±0,01
Poder Redutor (CE ₅₀ mg.mL ⁻¹)	0,09±0,00

Média±desvio padrão.

O sorvete ideal deve apresentar características esperadas pelo consumidor e pelo fabricante, quanto aos seguintes atributos de qualidade: sabor, corpo, textura, características de derretimento, cor, embalagem, conteúdo microbiológico e composição. Deve possuir um sabor típico, fresco, agradável e delicado; ter textura definida e macia; possuir resistência moderada; derreter lentamente em forma de líquido com a aparência da mistura original (sem separações de fase); ter uma cor natural; possuir partículas regularmente distribuídas; e ter contagem bacteriana baixa. No entanto, durante a produção, armazenamento e comercialização, mudanças importantes podem ocorrer na estrutura do sorvete. Sabe-se que o sorvete tem características químicas e/ou físicas que o tornam termodinamicamente instável, portanto, sua qualidade depende, além da formulação do sorvete, das condições de armazenamento (SOUZA et al., 2010; LOMOLINO et al., 2020).

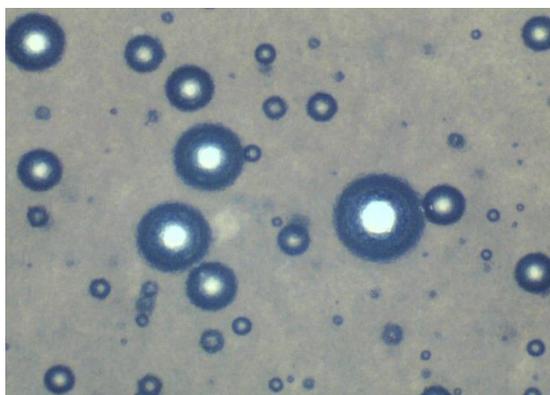
5.9 Resultados da análise de microscopia óptica

A análise de microscopia óptica teve como objetivo visualizar a distribuição das bolhas de ar no sorvete. O corante vermelho Sudan foi utilizado para diferenciar as bolhas de ar da gordura presente.

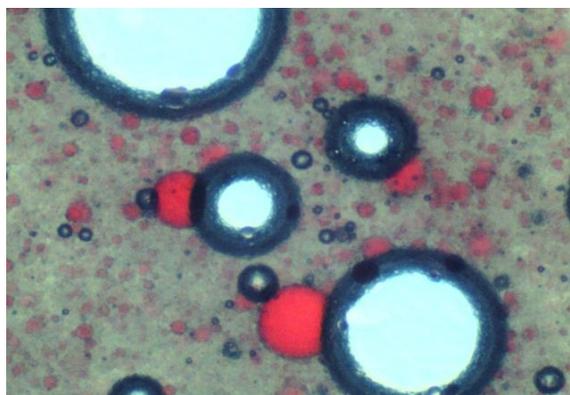
As micrografias das amostras dos sorvetes são apresentadas na Figura 35. Nestas figuras pode-se atentar para estruturas em formato esférico, sendo estas bolhas de ar

incorporadas ao sorvete durante o processo de batimento. As esferas em vermelho constituem a gordura presente nas amostras. Nas imagens são (a) e (b) estão apresentadas as amostras do sorvete base e a mesma amostra corada com o Sudan, respectivamente.

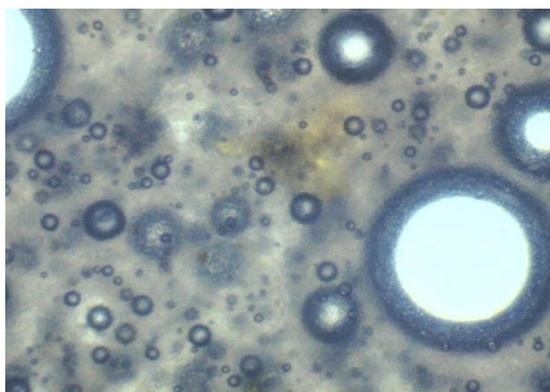
Figura 35- Micrografia dos sorvetes.



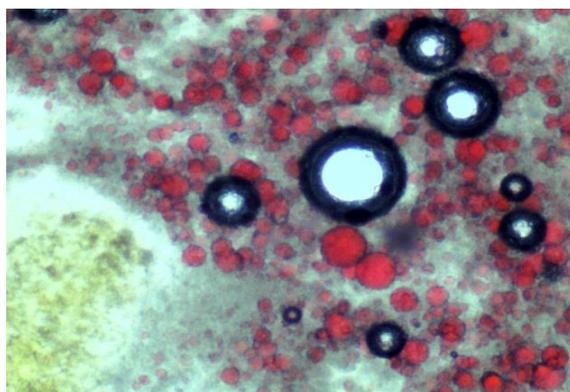
(a) Sorvete base



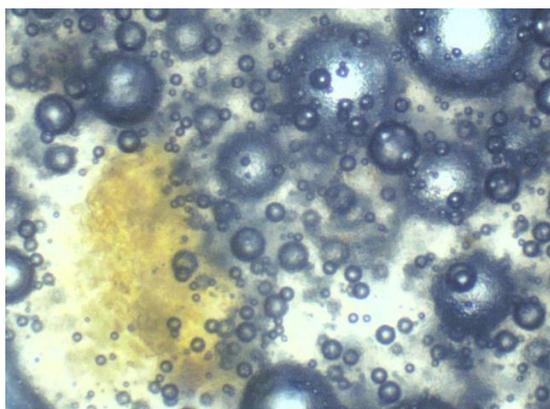
(b) Sorvete base corado



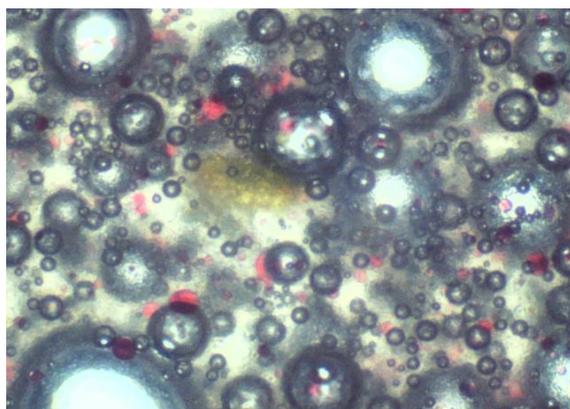
(c) Sorvete com PM e FCML



(d) Sorvete com PM e FCML corado



(e) Sorvete com substitutos de gordura



(f) Sorvete com substitutos de gordura corado

Fonte: autora.

O sorvete com PM e FCML está apresentado por (c) e (d). E por fim, a amostra com os substitutos de gordura está apresentada em (e) e (f). É evidente a presença das partículas da farinha da casca de manga nessas amostras. Na Figura (e) e (f) pode-se verificar que as bolhas de ar apresentam maior quantidade e formato uniforme que a demais. A presença das gomas auxiliou em maior incorporação de ar, confirmando o resultado obtido na análise de *overrun*.

Verificou-se também, para a terceira amostra, que a coloração foi visivelmente menor em relação às demais, justificada pela substituição da gordura pelas gomas na amostra C.

5.10 Estudo sensorial

5.10.1 Dominância temporal das sensações - TDS

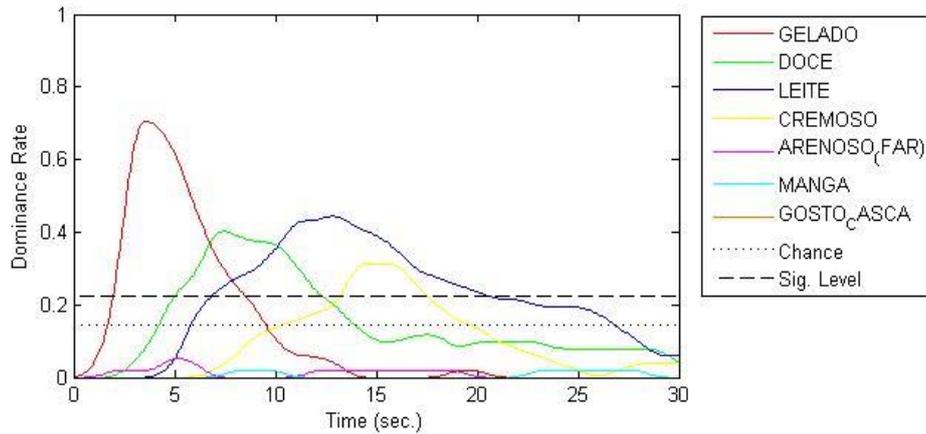
Os gráficos TDS para as amostras de sorvete estão apresentados na Figura 36. Cada curva representa os atributos escolhidos como dominantes em cada momento durante a avaliação. As amostras de sorvete compreendem: A como sendo a amostra de sorvete base; B, o sorvete produzido com PM e FCML (escolhido no primeiro DCCR); e C, o sorvete produzido com PM, FCML e substituição de gordura (escolhido no segundo DCCR).

O atributo gelado está relacionado à presença de grandes cristais de gelo. A relação direta entre o tamanho dos cristais de gelo e o desenvolvimento de uma textura grossa e/ou gelada é bem conhecida. Porém, quando a estrutura do sorvete está bem estabilizada, os cristais de gelo permanecem pequenos, e assim o frio tem menos impacto nessas amostras (VARELA, PINTOR E FISZMAN, 2014). Esse fato pode ser observado na amostra C. Enquanto as amostras A e B apresentaram maiores valores para o atributo gelado, durante quase um terço do tempo total de análise. Na amostra A, porém, o impacto foi maior, já que esta não foi adicionada dos hidrocoloides avaliados neste trabalho em sua formulação.

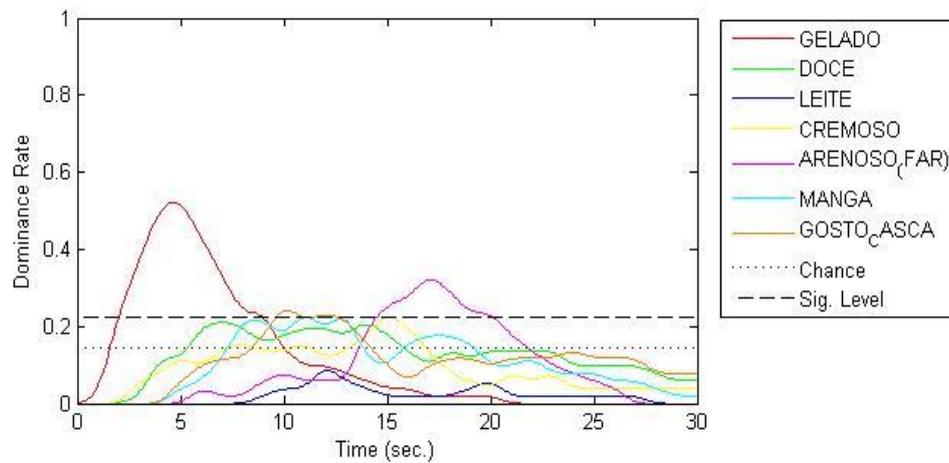
O sabor de leite, apresentado pela amostra A, permaneceu significativo por mais de 10 segundos, sendo o segundo atributo mais fortemente perceptível. Vale ressaltar que esta amostra não possui PM e FCML, o que pode ter contribuído para este resultado. O atributo doce também teve maior impacto na amostra A, porém não foi significativo para a amostra B.

A amostra B apresentou valor significativo para o atributo arenoso, que pode estar diretamente relacionado com a presença da FCML. O tamanho das partículas da farinha ficou perceptível nessa amostra. Na amostra C, esse atributo não apresentou significância, apesar de possuir a mesma porcentagem de FCML.

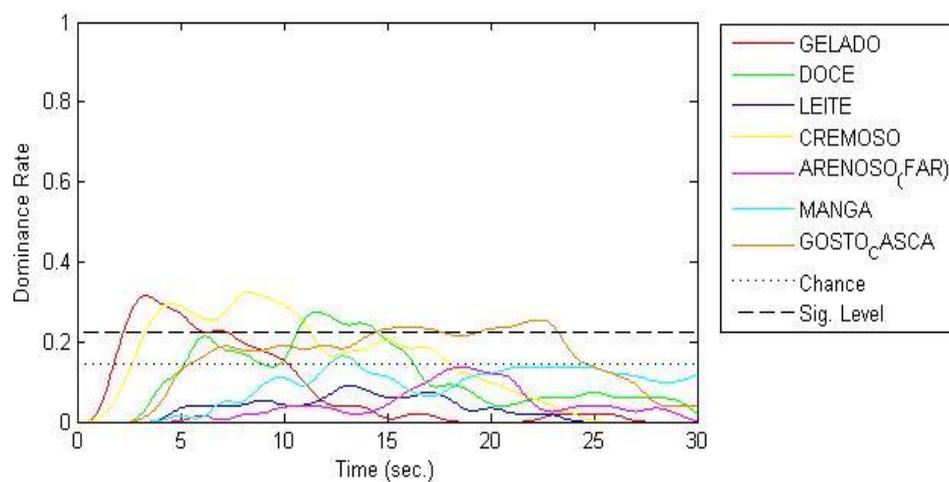
Figura 36- Curvas TDS.



Amostra A



Amostra B



Amostra C

Fonte: a autora.

A taxa de dominância da cremosidade teve valor significativo para a amostra A, o que pode ter sido relacionado ao teor de gordura presente. Porém, também apresentou valor significativo para a amostra C, sendo o atributo que permaneceu durante mais tempo de

análise nessa amostra. Segundo Akbari, Eskandari e Davoudi (2019) os hidrocoloides podem interagir com a água, desenvolver a textura e a viscosidade da sobremesa congelada e conferir aos produtos uma sensação de lubricidade e cremosidade. Pode-se inferir, portanto, que, neste caso, os hidrocoloides mimetizaram, com sucesso, a sensação de cremosidade oferecida pela presença da gordura no sorvete.

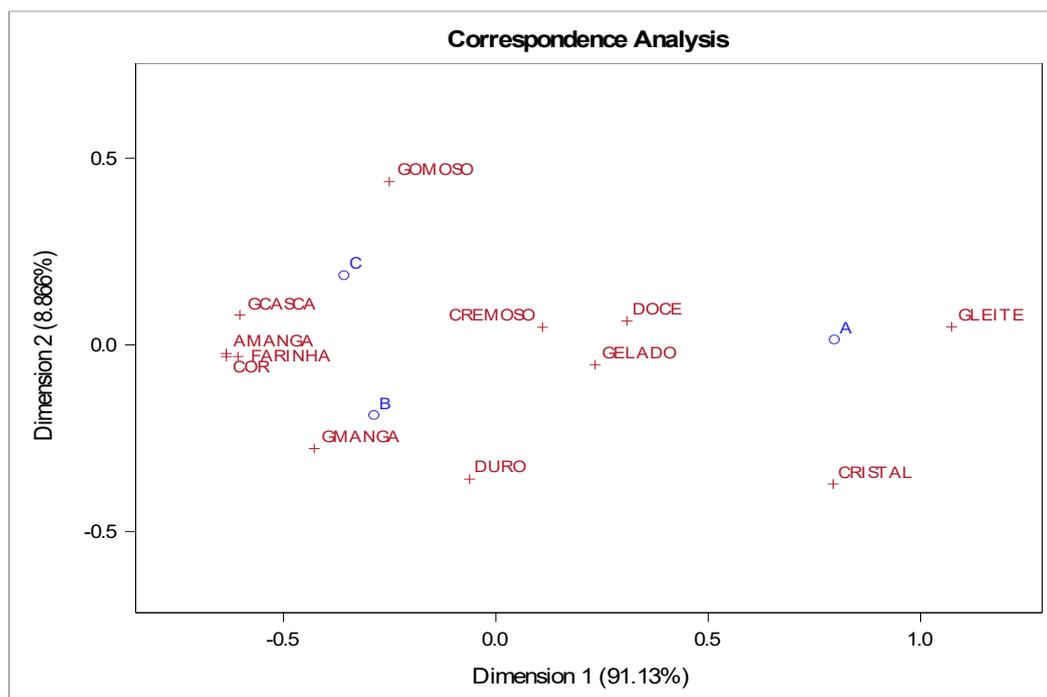
Cremosidade é um termo difícil de descrever quando aplicado a um alimento. Vários autores reconhecem que a percepção da cremosidade envolve vários fatores. Obviamente, muitos deles estão associados à textura, mas outros têm a ver com sabor (doçura e sabores relacionados à gordura) ou prazer. No caso do sorvete, a cremosidade é associada principalmente a um alto teor de gordura e é geralmente descrita como a percepção de uma massa que derrete suavemente sem que partículas detectáveis apareçam na boca (VARELA, PINTOR E FISZMAN, 2014).

A inulina tem capacidade para formar microcristais quando é dissolvida em água ou leite. A interação desses microcristais favorece a formação de uma textura cremosa e proporciona à boca uma sensação semelhante à da gordura. De acordo com alguns estudos, é óbvio que a adição de inulina causa uma redução na formação de cristais de gelo na textura do sorvete durante o armazenamento, o que pode melhorar suas propriedades sensoriais (AKBARI, ESKANDARI e DAVOUDI, 2019). Akbari et al. (2016) realizaram pesquisas sobre o efeito da inulina nas propriedades sensoriais do sorvete com baixo teor de gordura e relataram que a incorporação de inulina causou melhora no sabor do sorvete com baixo teor de gordura.

5.10.2 Check all that apply - CATA

O gráfico obtido na análise de correspondência referente aos dados coletados na análise CATA, que compreende as amostras de sorvete A (sorvete base), B (sorvete com PM e FCML), C (sorvete com PM, FCML e substituição de gordura) e os atributos aplicados, está apresentado na Figura 37. Foram checados 12 atributos: gelado, doce, sabor de leite, cremoso, sabor de manga, sabor de casca, cristal de gelo (cristal), arenoso (farinha), gomoso, duro, cor de sorvete de manga e aroma de manga.

Figura 37- Gráfico de Correspondência entre as amostras de sorvete A, B e C e atributos coletados no teste CATA.



Fonte: a autora.

Para este conjunto de dados obteve-se uma explicação de 100% de sua variância em duas componentes principais. Verificou-se quais atributos sensoriais foram relacionados a cada amostra e foram responsáveis pela resposta hedônica dos consumidores.

Os atributos gelado, doce, cristal de gelo e sabor de leite estão correlacionados com a amostra A. O atributo gelado foi o mais perceptível no teste TDS no início do consumo para todas as formulações, mas, mais ainda para as amostras que não foram submetidas à redução de gordura (A e B). Esse primeiro impacto pode ser reduzido usando hicrocoloides, como foi verificado na amostra C. A amostra A não possui nenhuma quantidade de polpa de fruta, o que pode ter evidenciado os atributos doce e sabor de leite. Por constituir a amostra base e, por conseguinte, não possuir nenhuma das três gomas adicionadas, pode-se considerar que a água do sistema estaria mais disponível, influenciando no tamanho, quantidade e formação de cristais de gelo com o congelamento.

Os atributos, aroma de manga, sabor de manga, duro, cor de sorvete de manga e arenoso, sendo este último referente à presença da farinha de manga, foram correlacionados com as amostras B, que continha PM e FCML. O atributo duro foi altamente relacionado com essa amostra, o que também pode ser explicado pela maior disponibilidade de água no sistema.

A amostra C foi altamente associada aos atributos sabor de casca e gomoso, refletindo a presença das gomas e alinhado com os resultados perceptíveis pelo painel na análise TDS. Os hidrocoloides provavelmente tiveram um efeito de mascaramento do gosto de manga, evidenciando o sabor associado ao gosto de casca. Os substitutos de gordura podem causar alguns defeitos de sabor em sorvetes com teores reduzidos e sem gordura. Como as proteínas tendem a ligar alguns componentes do sabor, elas podem causar sabor amargo ou diminuir a intensidade do sabor nos sistemas alimentares (AKBARI, ESKANDARI e DAVOUDI, 2019).

O atributo gomoso está associado à percepção de uma substância razoavelmente coesa que quase poderia ser mastigada. A coesão excessiva da amostra C pode ser atribuída à superestabilização da formulação, que continha hidrocoloides. Foi relatado que a goma guar é um agente que restringe a sensação de umidade e aumenta a percepção dos sorvetes como gomosos e oleosos (VARELA, PINTOR E FISZMAN, 2014).

O papel dos hidrocoloides na liberação do sabor apresenta resultados conflitantes, pois alguns autores relataram aumento da percepção do sabor quando os hidrocoloides estavam presentes, enquanto outros relataram que sua adição pode levar à supressão do sabor. Os sorvetes são sistemas muito complexos e o papel dos hidrocoloides não pode ser analisado facilmente, pois muitos fatores estão em jogo, tais como: tipo de hidrocoloide, concentração, concentração em relação a outros componentes estabilizadores, tipo de preparação de sorvete, aeração, teor de gordura e dentre outros (VARELA, PINTOR E FISZMAN, 2014).

Segundo Razavi e Behrouzian (2018) o sorvete com pouca gordura geralmente tende a ter um impacto menor no sabor, já que esta não está disponível para promovê-lo. Além disso, os estabilizantes utilizados podem se ligar a elementos dos aromas, tornando-os indisponíveis ao paladar.

5.10.3 Testes de aceitação e intenção de compra

O Teste de Aceitação dos consumidores (Tabela 29) mostrou que a amostra A obteve a pontuação global de satisfação significativamente mais alta ($p < 0,05$). Houve uma tendência de escores mais baixos para a amostra C. No quesito sabor, obteve valor abaixo de 5, o que significa que esta foi rejeitada pelos consumidores. Isso pode ser vinculado aos perfis obtidos através do painel do TDS, onde verificou-se que o gosto de casca foi uma sensação dominante para esta amostra, permanecendo por mais tempo até o fim da análise.

Este atributo foi referido várias vezes pelos consumidores nas observações do teste. O teor de taninos presentes na casca pode ser o responsável por essa sensação. Segundo Le Bourvellec e Renard (2018) os taninos podem contribuir para as propriedades sensoriais dos

alimentos à base de plantas, conferindo sabor amargo e adstringência, o que pode definir essa sensação de gosto de casca. A redução do teor de FCML adicionada na formulação poderia diminuir a percepção deste atributo, porém isso poderia afetar nas propriedades de oxidação do sorvete.

Um fato que pode fortalecer a decisão na hora da compra e consumo de um alimento é a conscientização da qualidade nutricional que o mesmo pode oferecer. Estes sorvetes foram elaborados com ingredientes que não são comuns aos consumidores, como é o caso da FCML, este fato pode ter causado dúvidas na hora dos consumidores avaliarem se comprariam ou não os sorvetes. Assim, maiores esforços são necessários para propagação dos benefícios que os compostos fitoquímicos trazem à saúde dos consumidores.

Tabela 29- Teste de Aceitação dos sorvetes em relação aos atributos sabor, aroma, textura, cor e impressão global.

Amostra	Sabor	Aroma	Textura	Cor	Impressão Global	Intenção de Compra
A	6,98 ^a	6,51 ^a	7,15 ^a	6,67 ^a	6,81 ^a	3,61 ^a
B	5,81 ^b	6,08 ^b	6,63 ^a	6,60 ^a	6,00 ^b	3,02 ^b
C	4,69 ^c	5,71 ^b	5,96 ^b	6,51 ^a	5,45 ^c	2,50 ^c

Letras iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

Amostra A: sorvete base.

Amostra B: sorvete com PM e FCML.

Amostra C: sorvete com PM e FCML adicionado de substitutos de gordura.

Com os dados obtidos nos testes de Aceitação e Intenção de Compra das três amostras de sorvete foi realizada a análise do Mapa de Preferência Interno (Figura 38). Para todos os atributos, o primeiro e o segundo componente principal (CP) explicaram 100% da variância entre as amostras. Observa-se a dispersão das amostras e a correlação dos dados de aceitação com os dois componentes principais. Nessa representação gráfica os consumidores estão representados por pontos.

A separação espacial das amostras sugere a existência de três grupos de acordo com a aceitação das mesmas. Assim, pode-se sugerir que houve diferença entre elas quanto à aceitação, em relação aos atributos sabor, aroma, textura, cor, impressão global e intenção de compra. Os consumidores estão localizados próximo à região das amostras que eles mais preferiram.

Em todos os parâmetros, cada ponto representa as correlações entre os dados de aceitação de um consumidor e os dois primeiros componentes principais. Os consumidores correlacionados com pelo menos um dos componentes consideram diferença na aceitação das

amostras. Os consumidores que estão alocados na região central do gráfico não estão correlacionados com os dois componentes, conseqüentemente contribuíram pouco para discriminar as amostras em relação aos atributos avaliados, para esses consumidores todas as amostras tiveram a mesma preferência.

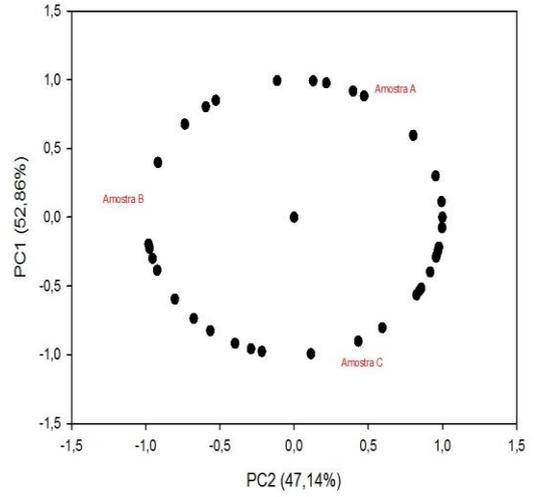
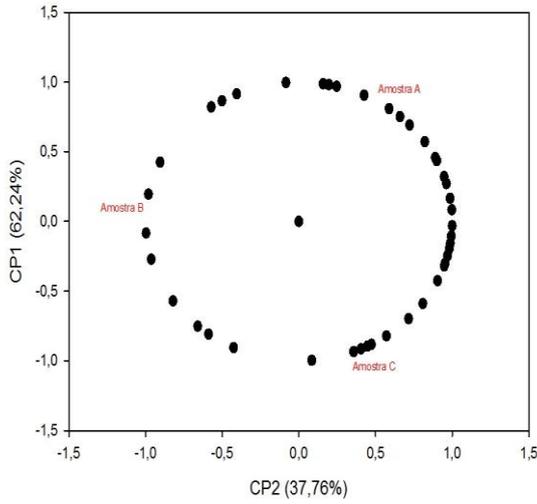
Diante disso, as amostras A e C foram as preferidas em relação ao atributo sabor. Sendo que, para a amostra A, os consumidores correlacionaram positivamente com os dois componentes principais, indicando que atribuíram notas mais elevadas para essa amostra. A amostra C foi correlacionada positivamente para o segundo componente principal.

Para os atributos aroma, textura e cor as amostras A e C também foram as preferidas. A amostra A foi correlacionada positivamente com os dois componentes principais e a amostra C foi correlacionada positivamente para o segundo componente principal.

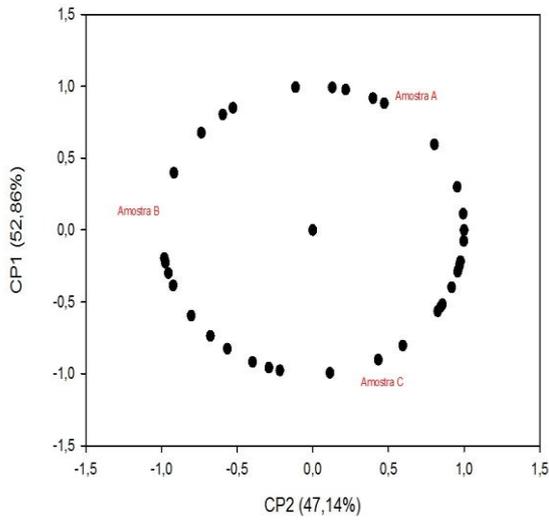
Para os atributos impressão global e intenção de compra, a amostra A foi correlacionada positivamente com o primeiro componente principal, a amostra B foi correlacionada positivamente com o segundo componente principal, e a amostra C não foi correlacionada positivamente com nenhum dos componentes principais, ou seja, para essa amostra os consumidores atribuíram as menores notas.

As técnicas utilizadas para a avaliação sensorial permitiram mostrar como diferentes atributos são percebidos em diferentes momentos do consumo de sorvete e como são modulados pela presença da FCML e dos hidrocoloides. Além disso, a combinação de dados sensoriais dinâmicos com a descrição sensorial do consumidor permitiu uma melhor compreensão de quais atributos motivam o gosto do consumidor em relação ao consumo de sorvete.

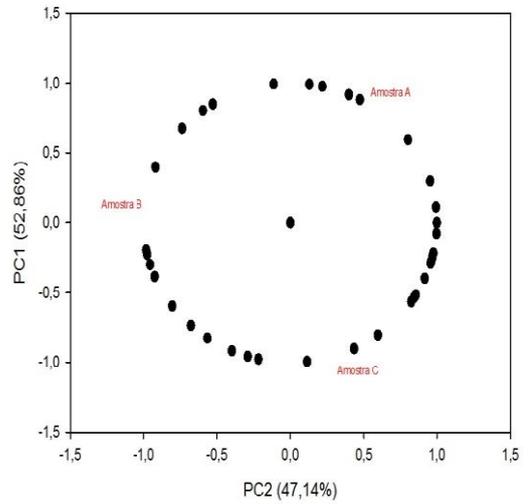
Figura 38- Mapa de Preferência Interno para as Amostras de Sorvete A, B e C.



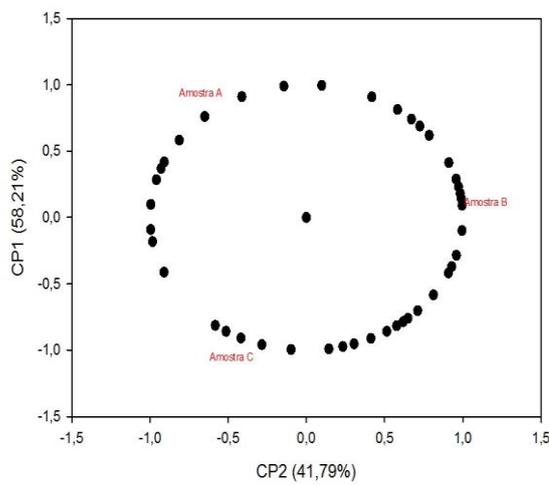
SABOR



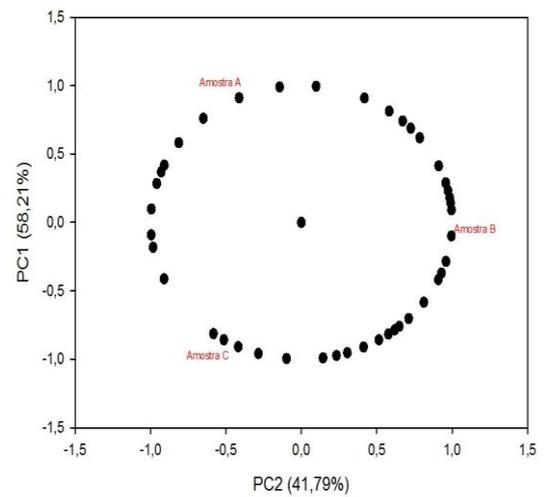
AROMA



TEXTURA



COR



IMPRESSÃO GLOBAL

Fonte: a autora.

INTENÇÃO DE COMPRA

6. CONCLUSÕES

A farinha da casca de manga liofilizada (FCML) possui altos valores de fitoquímicos bioativos, que influenciam diretamente na sua expressiva capacidade antioxidante. Ademais, é rica em vitamina C e minerais, como potássio, cálcio, magnésio e fósforo; e ainda possui níveis seguros de antinutrientes e agrotóxicos. Apresenta uma expressiva possibilidade para utilização como fonte alternativa de constituintes fenólicos, uma vez que, nesse estudo, analisando as formulações de sorvete produzidas, variando-se as concentrações de FCML e polpa, resultando na potencialidade da capacidade antioxidante, além das propriedades de cor e textura.

Constatou-se que a formulação com 10,83% de polpa e 4,75% de farinha, otimizada pelo DCCR onde avaliou-se diferentes concentrações de polpa e farinha de manga liofilizada nas formulações dos sorvetes produzidos, apresentou os melhores resultados nas análises das propriedades tecnológicas, parâmetros de cor e capacidade antioxidante. A partir dessa formulação otimizou-se por DCCR a adição de hidrocoloides como substitutos de gordura nas propriedades de textura, derretimento e *overrun*. Assim, a formulação otimizada que atendeu as referidas propriedades continha 3% de inulina, 0,1% de goma guar e 0,3% de goma arábica. Verificou-se que a adição dos substitutos de gordura no sorvete resultou em um aumento substancial na incorporação de ar nas formulações, variando de 40 a 160%. Sendo esta formulação selecionada para condução da análise sensorial, microscopia e demais análises físico-químicas.

A adição de FCML influenciou positivamente nos valores de *overrun*, gomosidade, vitamina C e capacidade antioxidante do sorvete otimizado. Os hidrocoloides substituíram de forma positiva a sensação de cremosidade oferecida pela gordura no sorvete, verificado pelo teste TDS. O sorvete otimizado não apresentou altos escores em relação à aceitação sensorial. Entretanto, o uso de hidrocoloides favorece a cremosidade, além de prolongar sua percepção, o que é altamente associada a um sorvete de boa qualidade.

Pode-se inferir que é possível a utilização integral do fruto de manga na formulação de sorvete com reduzido teor de gordura. Assim, a partir desse estudo abre-se um amplo campo de investigação para utilização de ingredientes não convencionais pela indústria de sorvetes.

REFERENCIAS

ABIS - Associação Brasileira das Indústrias e do Setor de Sorvetes. Disponível em <http://www.abis.com.br>. Acesso em: 30 de julho de 2019.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Análise sensorial – Metodologia – Teste triangular, NBR ISO 4120, 2013. 16 p.

ADITIVOS E INGREDIENTES. A evolução dos substitutos de gordura. Disponível em: http://aditivosingredientes.com.br/upload_arquivos/201703/2017030749552001488809162.pdf. Acesso em: 28 de julho de 2019.

AKBARI, M.; ESKANDARI, M. H.; NIAKOSARI, M.; BEDELTA VANA, A. The effect of inulin on the physicochemical properties and sensory attributes of low-fat ice cream. **International Dairy Journal**, v. 57, p. 52-55, 2016.

AKBARI, M.; ESKANDARI, M. H.; DAVOUDI, Z. Application and functions of fat replacers in low-fat ice cream: a review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 86, p. 34-40, 2019.

ALBUQUERQUE, M. A. C.; LEVIT, R.; BERES, C.; BEDANI, R.; LEBLANC, A. M.; SAAD, S. M. I.; LEBLANC, J. G. Tropical fruit by-products water extracts as sources of soluble fibres and phenolic compounds with potential antioxidant, anti-inflammatory, and functional properties. **Journal of Functional Foods**, v. 52, p. 724-733, 2019.

ALCAINO, J.; BAEZA, M.; CIFUENTES, V. Carotenoid distribution in nature. In: STANGE, C. (Ed.), Carotenoids in Nature: **Biosynthesis, Regulation and Function**. Springer, Cham, p. 3-34, 2016.

ALCANTARA, D. B.; FERNANDES, T. S. M.; NASCIMENTO, H. O.; LOPES, A. F.; MENEZES, M. G. G.; LIMA, A. C. A.; CARVALHO, T. V.; GRINBERG, P.; MILHOME, M. A. L.; OLIVEIRA, A. H. B.; BECKER, H.; ZOCCOLO, G. J.; NASCIMENTO, R. F. Diagnostic detection systems and QuEChERS methods for multiclass pesticide analyses in different types of fruits: An overview from the last decade. **Food Chemistry**, v. 298, article 124958, 2019.

ALCANTARA, M.; FREITAS-SÁ, D. G. C. Rapid and versatile sensory descriptive methods – an updating of sensory science. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, e2016179, 2018.

ALMEIDA, C. O. SOUZA, J. S., MENDES, L. N.; PEREIRA, R. J. Tendências do Mercado Internacional de Manga. Documento Técnico - Científico. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 32, p. 112-120, 2001.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/noticias>. Publicado em 23 de julho de 2019, 00:23. Última Modificação: 24 de julho de 2019, 09:54. Acesso em: setembro de 2019.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/registros-e-autorizacoes/agrotoxicos/produtos/monografia-de-agrotoxicos/autorizadas>. Acesso em: setembro de 2019.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 269, de 22 de setembro de 2005. Aprova o Regulamento Técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais. ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária, de 23 de setembro de 2005.

AOAC - **Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis.** 18th ed., 3th Review, Washington: AOAC, 2010.

ARAÚJO, C. R.; BOTELHO, P. S.; SILVA, T. M. S.; MACIEL, M. I. S.; MELO, E. A.; RYAND, S.; SMITH, R. E. Phenolic Compounds and Metals in Tommy Atkins Mango (*Mangifera indica* L) Peels. **The Natural Products Journal**, v. 4, p. 2-7, 2014.

ARAÚJO, C. R.; MELO, E. A.; LIMA, G. V. L. A.; MACIEL, M. I. S. Resíduo agroindustrial de três variedades de mangas: teor de fitoquímicos e ação antioxidante. In: IX JEPEX - Jornada de ensino, pesquisa e extensão, Recife. **Anais**, UFRPE. p. 42, 2009.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de Alimentos: teoria e prática.** Viçosa, MG: Ed. UFV, 2011.

ARBOS, K. A.; STEVANI, P. C.; CASTANHA, R. F. Atividade antimicrobiana, antioxidante e teor de compostos fenólicos em casca e amêndoa de frutos de manga. **Revista Ceres**, v. 60, p. 161-165, 2013.

ASIF, A.; FAROOQ, U.; AKRAM, K.; HAYAT, Z.; SHAFI, A.; SARFRAZ, F.; SIDHU, M. A. I.; REHMAN, H.; AFTAB, S. Therapeutic potentials of bioactive compounds from mango fruit wastes. **Trends in Food Science & Technology**, v. 53, p. 102-112, 2016.

AZIZ, N. A. A.; WONG, L. M.; BHAT, R.; CHENG, L. H. Evaluation of processed green and ripe mango peel and pulp flours (*Mangifera indica* var Chokanan) in term of chemical composition, antioxidant compounds and functional properties. **Journal of the Science of Food & Agriculture**, v. 92, p. 557-563, 2012.

BAENA, R. C. Muito além dos nutrientes: o papel dos fitoquímicos nos alimentos integrais. **Diagnóstico e Tratamento**, v. 20, p. 17-21, 2015.

BANERJEE, J.; SINGH, R.; VIJAYARAGHAVAN, R.; MACFARLANE, D.; PATTI, A. F.; ARORA, A. A hydrocolloid based biorefinery approach to the valorisation of mango peel waste. **Food Hydrocolloids**, v. 77, p. 142-151, 2018.

BANERJEE, J.; SINGH, R.; VIJAYARAGHAVAN, R.; MACFARLANE, D.; PATTI, A. F.; ARORA, A. Bioactives from fruit processing wastes: Green approaches to valuable chemicals. **Food Chemistry**, v. 225, p. 10-22, 2017.

BANJARNAHOR, S. D. S.; ARTANTI, N. Antioxidant properties of flavonoids. **Medical Journal of Indonesia**, v. 23, p. 239-244, 2014.

BARROS, R. G. C.; ANDRADE, J. K. S.; DENADAI, M.; NUNES, M. L.; NARAIN, N. Evaluation of bioactive compounds potential and antioxidant activity in some Brazilian exotic fruit residues. **Food Research International**, v. 102, p. 84-92, 2017.

BENEVIDES, C. M. J.; SOUZA, M. V.; SOUZA, R. D. B.; LOPES, M. V. Fatores antinutricionais em alimentos: revisão. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v.18, p. 67-79, 2011.

BERARDINI, N.; FEZER, R.; CONRAD, J.; BEIFUSS, U.; CARLE, R.; SCHIEBER, A. Screening of mango (*Mangifera indica* L.) cultivars for their contents of flavonol *O*-and 161 xanthone *C*-glycosides, anthocyanins and pectin. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 1563-1570, 2005.

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

BOLLIGER, S.; GOOF, H. D.; THARP, B. W. Correlation between colloidal properties of ice cream mix and ice cream. **International Dairy Journal**, v.10, p. 303-309, 2000.

BOURNE, M. **Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement**. 2nd ed. San Diego: Academic Press, 415p., 2002.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria nº 379, de 26 de abril de 1999. Aprova o Regulamento Técnico referente a Gelados Comestíveis, Preparados, Pós para o Preparo e Bases para Gelados Comestíveis. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 29 de abril, 1999.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001. Aprova o Regulamento Técnico Sobre Padrões Microbiológicos Para Alimentos. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 10 de janeiro, 2001.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. Fixar a identidade e as características mínimas de qualidade a que devem obedecer os Produtos de Cereais, Amidos, Farinhas e Farelos. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, de 23 de setembro de 2005.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 294, de 29 de julho de 2019. Dispõe sobre os critérios para avaliação e classificação toxicológica, priorização da análise e comparação da ação toxicológica de agrotóxicos, componentes, afins e preservativos de madeira, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, nº 146, de 31 de julho de 2019.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RE nº 165, de 29 de agosto de 2003. Publica o Índice das monografias dos ingredientes ativos de agrotóxicos, domissanitários e preservantes de madeira. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 02 de setembro, 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Agência de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 266, de 22 de setembro de 2005. Aprova o regulamento de gelatos comestíveis e preparados para gelados comestíveis. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 23 de setembro, 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 01, de 7 de janeiro de 2000. Regulamento Técnico Geral para fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para polpa de fruta. 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 76, de 26 de novembro de 2018. Regulamentos Técnicos que fixam a identidade e as características de qualidade que devem apresentar o leite cru refrigerado, o leite pasteurizado e o leite pasteurizado tipo A. Diário Oficial da União, 30 de novembro de 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa N° 62, de 26 de agosto de 2003. Oficializa os Métodos Analíticos Oficiais para Análises Microbiológicas para Controle de Produtos de Origem Animal e Água. Brasília: Diário Oficial da União, 18/09/2003, Seção 1, p.14, 2003.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n° 27 de 13 de janeiro de 1998. Aprova o Regulamento Técnico referente à Informação Nutricional Complementar (declarações relacionadas ao conteúdo de nutrientes). Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 16 de janeiro, 1998.

BRASIL. Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. Resolução n° 4 de 24 de novembro de 1988. Regulamento técnico que aprova o uso de Aditivos Alimentares, estabelecendo suas Funções e seus Limites Máximos para a Categoria de Alimentos 19 - Sobremesas. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 19 de dezembro, 1988.

CANUTO, G. A. B.; XAVIER, A. A. O.; NEVES, L. C.; BENASSI, M. D. T. Caracterização físico-química de polpas de frutos da Amazônia e sua correlação com a atividade anti-radical livre. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, p. 1196-1205, 2010.

CARVALHO, E. B.; BORGES, E. L.; CARLOS, L. M. B.; SILVA, M. A. M.; MAGALHÃES, S. M. M.; GOMES, F. V. B. A. F.; CARVALHO, M. J. V.; QUIXADÁ, A. T. S.; PITOMBEIRA, M. H. S. Efeito da bomba de infusão de soluções sobre o grau de hemólise em concentrados de hemácias. **Revista Brasileira de Hematologia e Hemoterapia**, v.29, p. 149-152, 2007.

CASAROTTI, S. N. JORGE, N. Aspectos tecnológicos dos substitutos de gordura e suas aplicações em produtos lácteos. **Nutrire: revista da Sociedade Brasileira de Alimentos e Nutrição**, v. 35, p. 163-181, 2010.

CATALDO, D.A.; HAROON, M. SCHRADER, L.E.; YOUNGS, V.L. Rapid Colorimetric Determination of Nitrate in Plant-Tissue by Nitration of Salicylic-acid. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, v. 6, p. 671-680, 1975.

CAZARIN, C. B. B.; SILVA, J. K.; COLOMEU, T. C.; ZOLLNER, R. L.; MORÓSTICA JUNIOR, M. R. B. Capacidade antioxidante e composição química da casca de maracujá (*Passiflora edulis*). **Ciência Rural**, v. 44, p. 1699-1704, 2014.

CHAVES, J. B. P.; SPROSSER, R. L. **Práticas de laboratório de análise sensorial de alimentos e bebidas**. Viçosa: UFV, 81 p., 2001.

CHIKARA, S.; NAGAPRASHANTHA, L. D.; SINGHAL, J.; HORNE, D.; AWASTHI, S.; SINGHAL, S. S. Oxidative stress and dietary phytochemicals: Role in cancer chemoprevention and treatment. **Cancer Letters**, v. 413, p. 122-134, 2018.

COELHO, E. M.; AZEVEDO, L. C. Comparação entre técnicas de secagem para obtenção de farinha a partir da casca de manga cv. Tommy Atkins. **Anais do Congresso Norte e Nordeste de Pesquisa e Inovação**. Palmas, Tocantins, 2012.

CORREIA, R. T. P.; MAGALHÃES, M. M. A.; PEDRINI, M. R. S.; CRUZ, A. V. F.; CLEMENTINO, I. Sorvetes elaborados com leite caprino e bovino: composição química e propriedades de derretimento. **Revista Ciências Agronômicas**, v. 39, p. 251-256, 2008.

CRUXEN, C. E.; HOFFMANN, J. F.; ZANDONÁ, G. P.; FIORENTINI, Â. M.; ROMBALDI, C. V.; CHAVES, F. C. Probiotic butiá (*Butia odorata*) ice cream: Development, characterization, stability of bioactive compounds, and viability of *Bifidobacterium lactis* during storage. **LWT - Food Science and Technology**, v. 75, Supplement C, p. 379-385, 2017.

CUNHA, G. A. P.; SAMPAIO, J. M. M.; NASCIMENTO, A. S.; SANTOS FILHO, H. P.; MEDINA, V. M. **Manga para exportação: aspectos técnicos da produção**. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária, Secretaria de Desenvolvimento Rural, Programa de Apoio à Produção e Exportação de Frutas, Hortaliças, Flores e Plantas Ornamentais. Brasília: EMBRAPA – SPI. 35 p. (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 8), 1994.

CUPPARI, L.; BAZANELLI, A. P. **Funções Plenamente Reconhecidas de Nutrientes - Potássio**. International Life Sciences Institute do Brasil- ILSI. São Paulo - SP - Brasil, 2010.

DAMIANI, C.; RORIZ, R. F. C. **Aproveitamento de resíduo de frutas/hortaliças para alimentação humana: geleia de casca de melancia e torta salgada de hortaliças e seus resíduos**. 1. ed. Saarburcken: Novas Edições Acadêmicas, v. 1, 92 p. 2016.

DAMIANI, C.; VILAS BOAS, E. V.; SOARES JR., MANOEL. S.; CALIARI, M.; PAULA, D. E. P. P. de; SILVA, A. G. M.; Análise física, sensorial e microbiológica de geleias de manga formuladas com diferentes níveis de cascas em substituição à polpa. **Ciência Rural**, v. 38, p. 1418-1423, 2008.

DAUQAN, E.; ABDULLAH, A. Utilization of gum arabic for industries and human health. **American Journal of Applied Sciences**, v. 10, p. 1270-1279, 2013.

DONG, F.; LI, J.; CHANKVETADZE, B.; CHENG, Y.; XU, J.; LIU X. Chiral triazole fungicide Difenoconazole: Absolute stereochemistry, stereoselective bioactivity, aquatic toxicity, and environmental behavior in vegetables and soil. **Environmental Science & Technology**, v. 47, p. 3386-3394, 2013.

DORTA, E.; GONZÁLEZ, M.; LOBO, M. G.; SÁNCHEZ-MORENO, C.; ANCOS, B. Screening of phenolic compounds in by-product extracts from mangoes (*Mangifera indica* L.) by HPLC–ESI–QTOF–MS and multivariate analysis for use as a food ingredient. **Food Research International**, v. 57, p. 51-60, 2014.

DOOLEY, L.; LEE, Y. S.; MEULLENET, J. F. The application of check-all- that-apply (CATA) consumer profiling to preference mapping of vanilla ice cream and its comparison to classical external preference mapping. **Food Quality and Preference**, v. 21, p. 394-401, 2010.

DUARTE-ALMEIDA, J. M.; SANTOS, R. J.; GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F. M. Avaliação da atividade antioxidante utilizando sistema β -caroteno/ácido linoléico e método de sequestro de radicais DPPH[•]. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, p. 446-452, 2006.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. 2 ed., Curitiba: Champagnat, 2007.

ELLISON, S. L. Carotenoids: physiology. In: CABALLERO, B.; FINGLAS, P. M.; TOLDRÁ, F. (Eds.), **Encyclopedia of Food and Health**. Elsevier, Kidlington, p. 670-675, 2016.

FELIPE, E.M.F.; COSTA, J.M.C.; MAIA, G.A.; HERNANDEZ, F.F.H. Avaliação da qualidade de parâmetros minerais de pós-alimentícios obtidos de casca de manga e maracujá. **Alimentos e Nutrição**, v. 17, p. 79-83, 2006.

FENNEMA, O.R.; DAMODARAN, S.; PARKIN, K.L.; **Química de Alimentos de Fennema**. 4 ed. São Paulo: Artmed, 900 p., 2010.

FIGUEROA, M.; LAJOLO, F.M. Effect of chemical modification of *Phaseolus vulgaris* lectins on their biological properties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 45, p. 639-643, 1997.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION/WORLD HEALTH ORGANIZATION - FAO. Disponível em: <http://www.fao.org/americas/noticias/ver/pt/c/239394/>. Acesso em: 25 de agosto de 2019.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION/WORLD HEALTH ORGANIZATION - FAO. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 15 de novembro de 2019.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION/WORLD HEALTH ORGANIZATION. FAO. Technical Report Series 859 – **Evaluation of certain food additives and contaminants**. 44th report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, 1996.

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION - FDA. CFR 184 - Substances Affirmed as GRAS in Food. Disponível em: <https://www.fda.gov/food/food-ingredients-packaging/generally-recognized-safe-gras>. Acesso em: 01 de outubro de 2019.

FRANÇA, N. A. G.; MARTINI, L. A. **Funções Plenamente Reconhecidas de Nutrientes - Cálcio**. International Life Sciences Institute do Brasil- ILSI. São Paulo - SP - Brasil, 2014.

FRANCIS, G.; MAKKAR, H.; BECKER, K. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. **Aquaculture**, v. 199, p. 197-227, 2001.

FRANCIS, J. F. CLYDESDALE, F. M. **Food Colorimetry, Theory and Application**. New York: Van Nostrand Reinhold/ AVI. 1975.

FUDENBERG, H. H.; STITES, D. P.; CALDWELL, J. L.; WELLS, J. V. **Imunologia Básica e Clínica**. 2 ed., Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1980.

FURLANETO, F. P. B.; SOARES, A. A. V. L.; BERTANI, R. M. A. Caracterização Técnica e Econômica da Manga ‘Tommy Atkins’. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 12, 2015.

GANESSINGH, V.; SAHIBDEEN, R.; MAHARAJ, R. An Evaluation of the Impact of Novel Processing Technologies on the Phytochemical Composition of Fruits and Vegetables. **Phytochemicals - Source of Antioxidants and Role in Disease Prevention**, IntechOpen, p. 189-207, 2018.

GARCIA-MENDOZA, M. P.; PAULA, J. T.; PAVIANI, L. C.; CABRAL, F. A.; MARTINEZ-CORREA, H. A. Extracts from mango peel by-product obtained by supercritical

- CO₂ and pressurized solvent processes. **LWT - Food Science and Technology**, v. 62, p. 131-137, 2015.
- GENU, P. J.; PINTO, A. C. Q. **A cultura da mangueira**. Brasília: Embrapa Informação tecnológica, 454p., 2002.
- GEORGE, A.; SHAH, P. A.; SHRIVASTAV, P. S. Guar gum: Versatile natural polymer for drug delivery applications. **European Polymer Journal**, v. 112, p. 722-735, 2019.
- GIADA, M. L.R.; MANCINI-FILHO, J. Avaliação da atividade antioxidante *in vitro* de compostos fenólicos de alimentos. **Nutrire: Revista da Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição**, v. 26, p. 91-107, 2004.
- GIÃO, M. S.; LEITÃO, I.; PEREIRA, A.; BORGES, A. B.; GUEDES, C. J.; FERNANDES, J. C.; BELO, L.; SANTOS-SILVA, A.; HOGG, T. A.; PINTADO, M. E.; MALCATA, F. X. Plant aqueous extracts: Antioxidant capacity via haemolysis and bacteriophage P22 protection. **Food Control**, v. 21, p. 633-638, 2010.
- GOFF, H. D. **The Ice Cream eBook**. Disponível em: <https://www.uoguelph.ca/foodscience/book-page/ice-cream-ebook>. Acesso em: 31 de julho de 2019.
- GOFF, H. D.; HARTEL, R. W. **Ice Cream**. 7th ed. Springer Ed., USA. 2013.
- GOMES, J. C.; OLIVEIRA, G. F. **Análises Físico-químicas de Alimentos**. Editora UFV, Viçosa: MG, 1. Reimpressão, p. 177-181, 2012.
- GOMEZ-CARAVACA, A. M.; LOPEZ-COBO, A.; VERARDO, V.; SEGURA-CARRETERO, A.; FERNANDEZ-GUTIERREZ, A. HPLC-DAD-q-TOF-MS as a powerful platform for the determination of phenolic and other polar compounds in the edible part of mango and its by-products (peel, seed, and seed husk). **Electrophoresis**, v. 37, p. 1072-1084, 2016.
- GONDIM, J. A. M.; MOURA, M. F. V.; DANTAS, A. S.; MEDEIROS, R. L. S.; SANTOS, K. M. Composição centesimal e de minerais em cascas de frutas. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, p. 825-827, 2005.
- GOUVEIA, S. T.; SILVA, F. V.; COSTA, L. M.; NOGUEIRA, A. R. A.; NÓBREGA, J. A. Determination of residual carbon by inductively-coupled plasma optical emission spectrometry with axial and radial view configurations. **Analytica Chimica Acta**, v. 445, p. 269-275, 2001.
- GRANGER, C.; LEGER, A.; BAREY, P.; LANGENDORFF, V.; CANSSELL, M. Influence of formulation on the structural networks in ice cream. **International Dairy Journal**, v. 15, p. 255-262, 2005.
- HARNKARNSUJARIT, N.; CHAROENREIN, S. Influence of collapsed structure on stability of β -carotene in freeze-dried mangoes. **Food Research International**, v. 44, p. 3188-3194, 2011.
- HE, X.; LIU, D.; LIU, R. H. Sodium Borohydride/Chloranil-Based Assay for Quantifying Total Flavonoids. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, p. 9337-9344, 2008.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos Físico-Químicos Para Análise de Alimentos**. 4 ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1020 p. 2008.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO. **Determination of substances characteristic of green and black tea**-Part 1: Content of total polyphenols in tea-Colorimetric method using Folin-Ciocalteu reagent. Ref. No. ISO 14502-1:2005/Cor. 1:2006(E), 2006.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO. **Sensory analysis**. General guidance for the design of test rooms. Geneva, Switzerland: ISO 8589: 1988.

IRIONDO-DEHOND, M.; MIGUEL, E.; CASTILLO, M. D. Food Byproducts as Sustainable Ingredients for Innovative and Healthy Dairy Foods. **Nutrients**, v. 10, p. 1-24, 2018.

IUPAC. International Union of Pure and Applied Chemistry. Disponível em: <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/iupac/atoz.htm>. Acesso em: setembro de 2019.

JAGDISH, K. S.; ARVIND, R. S.; DEEPAK, O. S.; ASHOK, B. R. Effect of guar gum on viscosity of ice cream. **Asian Journal Dairy & Food Research**, v. 33, p. 259-262, 2014.

JAHURUL, M. H. A.; ZAIDUL, I. S. M.; GHAFOR, K.; AL-JUHAIMI, F. Y.; NYAM, K. L.; NORULAINI, N. A. N.; SAHENA, F.; OMAR, A. K. M. Mango (*Mangifera indica L.*) by-products and their valuable components: A review. **Food Chemistry**, v. 183, p. 173-180, 2015.

JAVIDI, F.; RAZAVI, M. A. S.; BEHROUZIAN, F.; ALGHOONEH, A. The influence of basil seed gum, guar gum and their blend on rheological, physical and sensory properties of low fat ice cream. **Food Hydrocolloids**, v. 52, p. 625-633, 2016.

JAVIDI, F.; RAZAVI, S. M. A. Rheological, physical and sensory characteristics of light ice cream as affected by selected fat replacers. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 12, p. 1872-1884, 2018.

JRIDI, M.; SOUISSI, N.; SALEM, M. B.; AYADI, M. A.; NASRI, M.; AZABOU, S. Tunisian date (*Phoenix dactylifera L.*) by-products: Characterization and potential effects on sensory, textural and antioxidant properties of dairy desserts. **Food Chemistry**, v. 188, p. 8-15, 2015.

KACZOR, A.; BARANSKA, M.; CZAMARA, K. Carotenoids: overview of nomenclature, structure, occurrence, and functions. In: Kaczor, A., Baranska, M. (Eds.), **Carotenoids: Nutrition, Analysis and Technology**. John Wiley & Sons, West Sussex, p. 1-14, 2016.

KALEGARI, M.; Miguel, M. D.; Dias, J. F. G.; Lordello, A. L. L.; Lima, C. P.; Miyazaki, C. M. S.; Zanin, S. M. W.; Verdum, M. C. S.; Miguel, O. G. Phytochemical constituents and preliminary toxicity evaluation of leaves from *Rourea induta* Planch. (Connaraceae). **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 47, p. 635-642, 2011.

KANCHI, S.; SINGH, P.; BISETTY, K. Dithiocarbamates as hazardous remediation agent: A critical review on progress in environmental chemistry for inorganic species studies of 20th century. **Arabian Journal of Chemistry**, v. 7, p. 11-25, 2013.

KARACA, O. B.; GÜVEN, M.; YASAR, K.; KAYA, S.; KAHYAOGU, T. The functional, rheological and sensory characteristics of ice creams with various fat replacers. **International Journal of Dairy Technology**, v. 62, p. 93-99, 2009.

KHALID, M.; RAHMAN, S.; BILAL, M.; DAN-FENG, H. Role of flavonoids in plant interactions with the environment and against human pathogens-A review. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 18, p. 211-230, 2019.

KIMURA, M.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Carotenoid composition of hydroponic leafy vegetables. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 51, p. 2603-2607, 2003.

KUMAR, S.; PANDEY, A. K. Chemistry and Biological Activities of Flavonoids: An Overview. **The Scientific World Journal**, v. 13, p. 1-16, 2013.

KUMAR, V.; SINHA, A. K.; MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. Dietary roles of phytate in human nutrition: a review. **Food Chemistry**, Barking, v. 120, p. 945-959, 2010.

KURT, A., ATALAR, İ. Effects of quince seed on the rheological, structural and sensory characteristics of ice cream. **Food Hydrocolloids**, v. 82, p. 186-195, 2018.

LABBE, D.; SCHLICH, P.; PINEAU, N.; GILBERT, F.; MARTIN, N. Temporal Dominance of Sensations and sensory profiling: a comparative study. **Food Quality and Preference**, v. 20, p. 216-221, 2009.

LAMOUNIER, M. L.; ANDRADE, F. C.; MENDONÇA, C. D.; MAGALHÃES, M. L. Desenvolvimento e caracterização de diferentes formulações de sorvetes enriquecidos com farinha da casca da jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*). **Revista Instituto Laticínios Cândido Tostes**, v. 70, p. 93-104, 2015.

LATOUD, C.; PEYPOUX, F.; MICHEL, G.; GENET, R.; MORGAT, J. L. Interactions of antibiotics of the iturin group with human erythrocytes. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 856, p. 526-535, 1986.

LAURINDO, T. R.; RIBEIRO, K. A. R. Aproveitamento Integral dos Alimentos. **Interciência e Sociedade**, v. 3, p. 17-26, 2014.

LE BOURVELLEC, C.; RENARD, C. M. G. C. **Interactions Between Polyphenols and Macromolecules: Effect of Tannin Structure**. Reference Module in Food Science. Sécurité et Qualité des Produits d'Origine Végétale, INRA, Avignon University, Avignon, France, p. 1-6, 2018.

LE BOURVELLEC, C.; RENARD, C. M. G. C. Interactions Between Polyphenols and Macromolecules: Quantification Methods and Mechanisms. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 52, p. 213-248, 2012.

LEE, H. S.; RAHMANA, M. MD.; CHUNG, H. S.; KABIR, H.; YOON, K. S.; CHO, S. K.; ABD EL-ATY, A. M.; SHIM, J. H. An effective methodology for simultaneous quantification of thiophanatemethyl, and its metabolite carbendazim in pear, using LC-MS/MS. **Journal of Chromatography B**, v. 1095, p. 1-7, 2018.

- LI, Y.; MA, X.; LU, G. Systematic investigation of the toxic mechanism of difenoconazole on protein by spectroscopic and molecular modeling. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 105, p. 155-160, 2013.
- LIU, R.; WANG, L.; LIU, Y.; WU, T.; ZHANG, M. Fabricating soy protein hydrolysate/xanthan gum as fat replacer in ice cream by combined enzymatic and heat-shearing treatment. **Food Hydrocolloids**, v. 81, p. 39-47, 2018.
- LOMOLINO, G.; ZANNONI, S.; ZABARA, A.; DA LIO, M.; DE ISEPPI, A. Ice recrystallisation and melting in ice cream with different proteins levels and subjected to thermal fluctuation. **International Dairy Journal**, v. 100, 104557, 2020.
- LOPES, C. O.; DESSIMONI, G. V.; COSTA, M. S.; VIEIRA, G.; PINTO, N. A. V. Aproveitamento, composição nutricional e antinutricional da farinha de quinoa (*Chenopodium quinoa*). **Alimentos e Nutrição**, v. 20, p. 669-675, 2009.
- LÓPEZ-COBO, A.; VERARDO, V.; DIAZ-DE-CERIO, E.; SEGURA-CARRETERO, A.; FERNÁNDEZ-GUTIÉRREZ, A.; GÓMEZ-CARAVACA, A. Use of HPLC - and GC-QTOF to determine hydrophilic and lipophilic phenols in mango fruit (*Mangifera indica* L.) and its by-products. **Food Research International**, v. 100, p. 423-434, 2017.
- LOURES, A.; JOKL, L. **Microtécnica para determinação de ácido oxálico em folhas e derivados**. In: Encontro nacional de analistas de alimentos. Resumos: Curitiba: Instituto de Tecnologia do Paraná, p.59, 1990.
- MANICA, I. **Colheita – embalagem - armazenamento**. In: Manga: tecnologia, produção, pós-colheita, agroindústria e exportação. Porto Alegre: Cinco Continentes, p. 435-543, 2001.
- MARCO, G. V. A rapid method for evaluation of antioxidants. **Journal of the American Oil Chemists Society**, v. 45, p. 594-598, 1968.
- MARQUES, A.; CHICAYBAM, G.; ARAUJO, M. T.; MANHÃES, L. R. T.; SABAA-SRUR, A. U. O. Composição centesimal e de minerais de casca e polpa de manga (*Mangifera indica* L.) Cv. Tommy Atkins. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, p. 1206-1210, 2010.
- MARQUES, T. R.; CORRÊA, A. D.; LINO, J. B. R.; ABREU, C. M. P.; SIMÃO, A. A. Chemical constituents and technological functional properties of acerola (*Malpighia Emarginata* DC.) waste flour. **Food Science and Technology**, v. 33, p. 526-531, 2013.
- MARTINS, F. I. C. C.; BARBOSA, P. G. A.; ZOCOLO, G. J.; NASCIMENTO, R. F. Method Validation Using Normal and Weighted Linear Regression Models for Quantification of Pesticides in Mango (*Mangifera indica* L.) Samples. **Chromatographia**, v. 81, p. 677-688, 2018.
- MELO, E. A.; ARAÚJO, C. R. Mangas das variedades espada, rosa e Tommy Atkins: compostos bioativos e potencial antioxidante. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 3, p. 1451-1460, 2011.
- MEYER, D.; BAYARRI, S.; TÁRREGA, A.; COSTELL, E. Inulin as texture modifier in dairy products. **Food Hydrocolloids**, v. 25, p. 1881-1890, 2011.

- MIGUEL-CHÁVEZ, R. S. **Phenolic Antioxidant Capacity: A Review of the State of the Art**. Intech, p. 59-74, 2017.
- MILLER G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v. 31, p. 426, 1959.
- MINIM, V. P. R. **Análise sensorial: estudos com consumidores**. Viçosa: Editora UFV, 225 p., 2006.
- MONTEIRO, J. M.; ALBUQUERQUE, U. P.; ARAÚJO, E. L.; AMORIM, E. L. C. Taninos: uma abordagem da química à ecologia. **Química Nova**, v. 28, p. 892-896, 2005.
- MONTEIRO, T. H.; VANNUCCHI, H. **Funções Plenamente Reconhecidas de Nutrientes - Fósforo**. International Life Sciences Institute do Brasil- ILSI. São Paulo - SP - Brasil, 2010.
- MONTEIRO, T. H.; VANNUCCHI, H. **Funções Plenamente Reconhecidas de Nutrientes - Magnésio**. International Life Sciences Institute do Brasil- ILSI. São Paulo - SP - Brasil, 2010b.
- MONTENEGRO, M. A., BOIERO, M. L., VALLE, L., BORSARELLI, C. D. Gum Arabic: More than an Edible Emulsifier. Edited by Casparus Johannes Reinhard Verbeek, **Products and Applications of Biopolymers**. IntechOpen, Croatia, 2012.
- MORAIS, E. C.; MORAIS, A. R.; CRUZ, A. G.; BOLINI, H. M. A. Development of chocolate dairy dessert with addition of prebiotics and replacement of sucrose with different high-intensity sweeteners. **Journal of Dairy Science**, v. 97, p. 2600-2609, 2014.
- MOREIRA, T. B.; ROCHA, E. M. F. F.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. Comportamento das Isotermas de Adsorção do Pó da Polpa de Manga Liofilizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 1093-1098, 2013.
- MOTARJEMI, Y.; MOY, G.; EWEN, T.; Encyclopedia of Food Safety. Amsterda. Elsevier, 2014.
- MUDGIL, D.; BARAK, S.; KHATKAR, B. S. Guar gum: processing, properties and food applications - A Review. **Journal of Food Science and Technology**, v. 51, p. 409-418, 2014.
- NGAMWONGLUMLERT, L.; DEVAHASTIN, S. **Carotenoids**. Encyclopedia of Food Chemistry, vol 1, Bangkok, Thailand, p. 40-52, 2019.
- NGAMWONGLUMLERT, L.; DEVAHASTIN, S.; CHIEWCHAN, N. Natural colorants: pigment stability and extraction yield enhancement via utilization of appropriate pretreatment and extraction methods. **Food Science and Nutrition**, v. 57, p. 3243-3259, 2017.
- NIKI, E.; YAMAMOTO, Y.; KOMURO, E.; SATO, K. Membrane damage due to lipid oxidation. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 53, p. 2015-2055, 1991.
- NUNES, C. A.; PINHEIRO, A. C. M. **SensoMaker**. Version 1.8. Lavras: UFLA, 2012. Software.

OGBADOYII, E. O.; MAKUN, H. A.; BAMIGBADE, R. O.; OYEWALE, A. O.; OLADIRAN, J. A. The effect of processing and preservation methods on the oxalate levels of some Nigerian leafy vegetables. **Biokemistri**, v. 18, p. 121-125, 2006.

OLIVEIRA, A.C.; REIS, S. M. P. M.; CARVALHO, E. M.; PIMENTA, F. M. V.; RIOS, K. R.; PAIVA, K. C.; SOUSA, L. M.; ALMEIDA, M; ARRUDA, S. F. Adições crescentes de ácido fólico à dieta não interferiram na digestibilidade da caseína e no ganho de peso em ratos. **Revista de Nutrição**, v. 16, p. 211-217. 2003.

OLIVEIRA, D. S.; AQUINO, P. P.; RIBEIRO, S. M. R.; PROENÇA, R. P. C.; PINHEIRO, M. H.S. Vitamina C, carotenoides, fenólicos totais e atividade antioxidante de goiaba, manga e mamão procedentes da Ceasa do Estado de Minas Gerais. **Acta Scientiarum: Health Sciences**, v. 33, p. 89-96, 2011.

ÖTLES, S.; CAGINDI, Ö. Carotenoids as natural colorants. In: SOCACIU, C. (Ed.), Food Colorants: **Chemical and Functional Properties**. CRC Press, Boca Raton, p. 51-70, 2008.

OYAIZU, M. Studies on products of the browning reaction. Antioxidative activities of browning reaction products prepared from glucosamine. **Japanese Journal of Nutrition**, v. 44, p. 307-315, 1986.

PAN, J; YI, X.; ZHANG, S.; CHENG, J.; WANG, Y.; LIU, C.; HE, X. Bioactive phenolics from mango leaves (*Mangifera indica* L.). **Industrial Crops e Products**, v. 111, p. 400-406, 2018.

PANCHE, A. N.; DIWAN, A. D.; CHANDRA, S. R. Flavonoids: an overview. **Journal of Nutritional Science**, vol. 5, p. 1-15, 2016.

PATIL, A. G.; BANERJEE, S. Variants of ice creams and their health effects. **MOJ Food Processing and Technology**, v. 4, p. 58-64, 2017.

PATIL, Y.; PADGHAN, P.; PATIL, R.; SURYAWANSHI, D. B. Comparative study on physico-chemical attributes of ice-cream prepared by using Hebal menthol and crystal menthol. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 1, p. 133-136, 2017.

PAULA, C. S.; CANTELI, V. C. D.; VERDAN, M. C. S.; KALEGARI, M.; CAMPOS, R.; HIROTA, B. C. K.; MIGUEL, O. G. M.; MIGUEL, M. D. Atividade antioxidante e toxicidade preliminar do extrato e frações obtidas das folhas e cascas do caule de *Dasyphyllumtomentosum* (spreng) Cabrera. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 16, p. 189-195, 2014.

PINEAU, S.; SCHLICH, P.; CORDELLE, S.; MATHONNIÈRE, C.; ISSANCHOU, S.; IMBERT, A.; ROGEAUX, M.; ETIÉVANT, P.; KOSTER, E. Temporal Dominance of Sensations: Construction of the TDS curves and comparison with time-intensity. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 20, p. 450-455, 2009.

PINEAU, N.; BOUILLÉ, A. G.; LEPAGE, M.; LEFANT, F.; SCHLICH, P.; MARTIN, N.; RYTZ, A. Temporal Dominance of Sensations: What is a good attribute list? **Food Quality and Preference**, v. 26, p. 159-165, 2012.

PINTOR, A.; SEVERIANO-PE´REZ, P.; TOTOSAUS, A. Optimization of fat-reduced ice cream formulation employing inulin as fat replacer via response surface methodology. **Food Science and Technology International**, v. 20, p. 489-500, 2013.

PORTER, L. H.; HRSTICH, L. N.; CHAN, B. C. The conversion of procyanidins and prodelphinidins to groups in foods. **Journal of Food Science**, v. 56, p. 128-132, 1991.

PROESTOS, C.; BOZIARIS, I. S.; NYCHAS, G. J. E.; KOMAITIS, M. Analysis of flavonoids and phenolic acids in Greek aromatic plants: investigation of their antioxidant capacity and antimicrobial activity. **Food Chemistry**, v. 95, p. 664-671, 2006.

PROKOF'EVA, N. G.; UTKINA, N. K.; CHAIKINA, E. L.; MAKARCHENKO, A. E. Biological activities of marine sesquiterpenoid quinones: structure-activity relationships in cytotoxic and hemolysis assays. **Physiology of Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 139, p. 169-173, 2004.

RAZAVI, S. M. A.; BEHROUZIAN, F. Biopolymers for Fat-Replaced Food Design. In: Biopolymers for Food Design. Food Hydrocolloids Research Centre, Ferdowsi University of Mashhad (FUM), Mashhad, Iran, p. 65-94, 2018.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICEEVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS⁺ radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 26, p. 1231-1237, 1999.

REDDY, C. S. S. S.; SUBRAMANYAM, M. V.; VANI, R.; DEVI, S. A. *In vitro* models of oxidative stress in rat erythrocytes: effect of antioxidant supplements. **Toxicology In Vitro**, v. 21, p. 1355-1364, 2007.

REETZ, E. R.; KIST, B. B.; SANTOS, C. E.; CARVALHO, C.; DRUM, M. **Anuário Brasileiro da Fruticultura 2015**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 108 p., 2015.

RENARD, D.; LEPVRIER, E.; GARNIER, C.; ROBLINC, P.; NIGEND, M.; SANCHEZ, C. Structure of glycoproteins from Acacia gum: An assembly of ring-like glycoproteins modules. **Carbohydrate Polymers**, v. 99, p. 736-747, 2014.

REYNOSO-CAMACHO, R.; DE-MEJIA, E. G.; LOARCAPINA, G. Purification and acute toxicity of a lectin extracted from tepary bean (*Phaseolus acutifolius*). **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v. 41, p. 21-27, 2003.

RIOS, R. V.; PESSANHA, M. D. F.; ALMEIDA, P. F.; VIANA, C. L.; LANNES, S. C. S. Application of fats in some food products. **Food Science and Technology**, v. 34, p. 3-15, 2014.

ROBERFROID, M. B. Dietary modulation of experimental neoplastic development: role of fat and fibre content and caloric intake. **Mutation Research**, v. 259, p. 351-362, 1991.

ROBERFROID, M. B. The biochemistry of oligofructose, a nondigestible fiber: an approach to calculate its caloric value. **Nutrition Reviews**, v. 51, p. 137-146, 1993.

ROCHA, S. A.; LIMA, G. P. P.; LOPES, A. M.; BORGUINI, M. G.; CICCONE, V. R.; BELUTA, I. Fibras e lipídios em alimentos vegetais oriundos do cultivo orgânico e convencional. **Revista Simbio-Logias**, v. 1, p. 1-9, 2008.

RODRIGUES, J. F.; SOUZA, V. R.; LIMA, R. R.; CARNEIRO, J. D. S.; NUNES, C. A.; PINHEIRO, A. C. M. Temporal dominance of sensations (TDS) panel behavior: A preliminary study with chocolate. **Food Quality and Preference**, v. 54, p. 51-57, 2016.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B., KIMURA, M., AMAYA-FARFN, J. **Fontes brasileiras de carotenoides: tabela brasileira de composição de carotenoides em alimentos**. Brasília: MMA/SBF, 100 p., 2008.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **Food Carotenoids: Chemistry, Biology, and Technology**. John Wiley & Sons, West Sussex, 2016.

RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ, S.; GUTIÉRREZ-RUÍZ, I. M.; PÉREZ-RAMÍREZ, I. F.; MORA, O.; RAMOS-GOMEZ, M.; REYNOSO-CAMACHO, R. Mechanisms related to the anti-diabetic properties of mango (*Mangifera indica* L.) juice by-product. **Journal of Functional Foods**, v. 37, p. 190-199, 2017.

RUIZ DE LOPE, C.; GARCÍA-VILLANOVA, R. J.; GARCÍA-VILLANOVA, R. Estudio del contenido en ácido fítico durante el proceso de elaboración del pan blanco, pan integral y pan ázimo. **Ars Pharmaceutica**, v. 23, p. 437-442, 1982.

RUMAINUM, I. M.; WORARAD, K.; SRILAONG, V.; YAMANE, K. Fruit quality and antioxidant capacity of six Thai mango cultivars. **Agriculture and Natural Resources**, v. 52, p. 208-214, 2018.

SAGAR, V. R.; KUMAR, P. S. Recent advances in drying and dehydration of fruits and vegetables: a review. **Journal of Food Science and Technology**, v. 47, p. 15-26, 2010.

SÁNCHEZ-CAMARGO, A. P.; GUTIÉRREZ, L. F.; VARGAS, S. M.; MARTINEZ-CORREA, H. A.; PARADA-ALFONSO, F.; NARVÁEZ-CUENCA, C. E. Valorisation of mango peel: Proximate composition, supercritical fluid extraction of carotenoids, and application as an antioxidant additive for an edible oil. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 152, artigo 104574, 2019.

SANTOS, J. T. S.; COSTA, F. S. C.; SOARES, D. S. C.; CAMPOS, A. F. P.; CARNELOSSI, M. A. G.; NUNES, T. P.; JÚNIOR, A. M. O. Avaliação de mangaba liofilizada através de parâmetros físico-químicos. **Scientia Plena**, v. 8, p. 1-5, 2012.

SANTOS, M. A. T. Efeito do cozimento sobre alguns fatores antinutricionais em folhas de brócolis, couve-flor e couve. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, p. 294-301, 2006.

SANTOS, M. H. S.; BATISTA, B. L.; DUARTE, S. M. S.; ABREU, C. M. P.; GOUVÊA, C. M. C. P. Influência do processamento e da torrefação sobre a atividade antioxidante do café (*Coffea arabica*). **Química Nova**, v. 30, p. 604-610, 2007.

SCHIAR, V. P. P.; SANTOS, D. P.; LUDTKE, D. S.; VARGAS, F.; PAIXÃO, M. W.; NOGUEIRA, C. W.; ZENI, G.; ROCHA, J. B.T. Screening of potentially toxic chalcogens in erythrocytes. **Toxicology in Vitro**, v. 21, p. 139-145, 2007.

SENA, D. N.; ALMEIDA, M. M. B.; SOUSA, P. H. M.; GONZAGA, M. L. C.; SILVA, A. M. M. Avaliação dos teores de oxalato em farinha de resíduos de frutas tropicais. **Revista Magistra**, v. 26, p 456-459, 2014.

SERRANO, J.; PUUPONEN-PIMIÄ, R.; DAUER, A.; AURA, A. M.; SAURA-CALISTO, F. Tannins: current knowledge of food sources, intake, bioavailability and biological effect. **Molecular Nutrition and Food Research**, v. 53, p. 310-329, 2009.

SHARMA, G.; SHARMA, S.; KUMAR, A.; AL-MUHTASEB, A. H.; NAUSHAD, M.; GHFAR, A. A.; MOLA, G. T.; STADLER, F. J. Guar gum and its composites as potential materials for diverse applications: A review. **Carbohydrate Polymers**, v. 199, p. 534–545, 2018.

SHARON, N.; LIS, H. History of lectins: from hemagglutinins to biological recognition molecules. **Glycobiology**, v. 14, p. 53-62, 2004.

SILVA, A. C.; PIRES, A. C. S.; MARCONDES, M. I.; SILVA, M. F. Influência do tipo de leite nos parâmetros de textura e estabilidade de sorvete. **Revista do Instituto Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 68, p. 26-35, 2013.

SILVA, C. R. R.; FONSECA, E. B. A.; MOREIRA, M. A. **A cultura da mangueira**. Boletim Técnico de Extensão da UFLA (Universidade Federal de Lavras). Disponível em: <http://www.editora.ufla.br/index.php/boletins-tecnicos-e-de-extensao/boletins-de-extensao>. Acesso em: 10 de julho de 2018.

SILVA, R. R.; ASSUMPÇÃO, M.; FERNANDES, P. M.; FELICIANO, T. A.; VIEIRA, C. R.; LOMEU, F. L. R. O. Efeito da utilização de gomas na viscosidade e nas características sensoriais de shake à base de farinha de banana verde. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, 2018.

SLAVIN, J. Fiber and Prebiotics: Mechanisms and Health Benefits. **Nutrients**, v. 5, p. 1417-1435, 2013.

SMITH, F. The constitution of arabic acid. Part II. Degraded arabic acid. **Journal of Chemical Society**, p. 1724-1738, 1939.

SOFJAN, R. P.; HARTEL, R. W. Effects of overrun on structural and physical characteristics of ice cream. **International Dairy Journal**, v. 14, p. 255-262, 2004.

SOGI, D. S.; SIDDIQ, M.; GREIBY, I.; DOLAN, K. D. Total phenolics, antioxidant activity, and functional properties of ‘Tommy Atkins’ mango peel and kernel as affected by drying methods. **Food Chemistry**, v. 141, p. 2649-2655, 2013.

SOHAIL, B.; HUMA, N.; MEHMOOD, A.; ABDULLAH, M.; SHAH, A. A. Use of tukhme-balangu (*Lallemantia royleana*) as a stabilizer in set type Yogurt. **Journal of Agroalimentary Processes and Technologies**, v. 20, p. 247-256, 2014.

SOONG, Y. Y.; BARLOW, P. J. Antioxidant activity and phenolic content of selected fruit seeds. **Food Chemistry**, v. 88, p. 411-417, 2004.

SOONG, Y. Y.; BARLOW, P. J. Quantification of gallic acid and ellagic acid from longan (*Dimocarpus longan* Lourr.) seed and mango (*Mangifera indica* L.) kernel and their effects on antioxidant activity. **Food Chemistry**, v. 97, p. 524-530, 2006.

SOUSA, M.S.B.; VIEIRA, L.M.; LIMA, A. Fenólicos totais e capacidade antioxidante in vitro de resíduos de polpas de frutas tropicais. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 14, p. 202-210, 2011.

SOUZA, J. C. B.; COSTA, M. R.; DE RENSIS, C. M. V. B.; SIVIERI, K. Sorvete: composição, processamento e viabilidade da adição de probiótico. **Alimentos e Nutrição**, v. 21, p. 155-165, 2010.

STAFUSSA, A. P.; MACIEL, G. M.; RAMPAZZO, V.; BONA, E.; MAKARA, C. N.; JUNIOR, B. D.; HAMINIUK, C. W. I. Bioactive compounds of 44 traditional and exotic Brazilian fruit pulps: phenolic compounds and antioxidant activity. **International Journal of Food Properties**, v. 21, p. 106-118, 2018.

STONE, H.; SIDEL, J. **Sensory evaluation practices**. 3 ed. San Diego: Academic Press, 408 p., 2004.

STORCK, C. R.; NUNES, G. L.; OLIVEIRA, B. B.; BASSO, C. Folhas, talos, cascas e sementes de vegetais: composição nutricional, aproveitamento na alimentação e análise sensorial de preparações. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, p. 537-543, 2013.

SULIEMAN, A. M. EL-H. Cap 13 - **Gum Arabic as Thickener and Stabilizing Agents in Dairy Products in Gum Arabic- Structure, Properties, Application and Economics**, 342p. Academy Press, The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford OX5 1GB, United Kingdom, p. 151-165, 2018.

SUNG, K. K.; GOFF, H. D. Effect of solid fat content on structure in ice creams containing palm kernel oil and high-oleic sunflower oil. **Journal of Food Science**, v. 75, p. 274-279, 2010.

UMEObIKA, U. C.; NWALI, D. C.; EKWUEME, I. J. Quantitative Evaluation of Anti-nutritional Factors in Mango (*Mangifera indica*) Fruit. **International Journal of Applied Science and Mathematics**, v. 2, p. 2394-2894, 2015.

VARELA, P.; ARES, G. Sensory profiling, the blurred line between sensory and consumer science. A review of novel methods for product characterization. **Food Research International**, v. 48, p. 893-908, 2012.

VARELA, P.; PINTOR, A.; FISZMAN, S. How hydrocolloids affect the temporal oral perception of ice cream. **Food Hydrocolloids**, v. 36, p. 220-228, 2014.

VIEIRA, A. P.; ICOLETI, J. F.; TELIS, V. R. N. Liofilização de fatias de abacaxi: avaliação da cinética de secagem e da qualidade do produto. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 15, p. 50-58, 2012.

VIEIRA, P. A. F.; QUEIROZ, J. H.; VIEIRA, B. C.; MENDES, F. Q.; BARBOSA, A. A.; MULLER, E. S.; SANT'ANA, R. C. O.; MORAES, G. H. K. Caracterização química do resíduo do processamento agroindustrial da manga (*Mangifera indica* L.) var. Ubá. **Alimentos e Nutrição**, v. 20, p. 617-623, 2009.

VIGO, C. L. S.; NARITA, E.; MARQUES, L. C. Validação da metodologia de quantificação espectrofotométrica das saponinas de *Pfafia glomerata* (Spreng) Pedersen –Amaranthaceae. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 13, p. 46-49, 2003.

WAKELING, I. A.; MACFIE, H. J. H. Designing consumer trials balanced for first and higher orders of carry-over effect when only a subset of k samples from t may be tested. **Food Quality and Preference**, v. 6, p. 299-308, 1995.

XU, D. P.; LI, Y.; MENG, X.; ZHOU, T.; ZHOU, Y.; ZHENG, J.; ZHANG, J. J.; LI, H. B.. Natural Antioxidants in Foods and Medicinal Plants: Extraction, Assessment and Resources. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 18, p. 1-32, 2017.

YAMAGUCHI, K. K. L.; VEIGA-JUNIOR, V. F.; PEDROSA, T. N.; VASCONCELOS, M. C.; LIMA, E. S. Atividades biológicas dos óleos essenciais de *Endlicheria citriodora*, uma lauraceae rica em geranato de metila. **Química Nova**, v. 36, p. 826-830, 2013.

ZAMBRANO, F.; HIKAGE, A.; ORMENESE, R. C. C.; MONTENEGRO, F. M.; RAUEN-MIGUEL, A. M. Efeito das Gomas Guar e Xantana em Bolos como Substitutos de Gordura. **Brazilian of Journal of Food Technology**, v. 8, p. 63-71, 2005.

ZHANG, L. M.; ZHOU, J. F.; HUI, P. S. A comparative study on viscosity behavior of water-soluble chemically modified guar gum derivatives with different functional lateral groups. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 85, p. 2638-2644, 2005.

ZHAO, C.; LIU, Y.; LAI, S.; CAO, H.; GUAN, Y.; CHEANG, W. S.; LIU, B.; ZHAO, K.; MIAO, S.; RIVIERE, C.; CAPANOGLU, E.; XIAO, J. Effects of domestic cooking process on the chemical and biological properties of dietary phytochemicals. **Trends in Food Science & Technology**, v. 85, p. 55-66, 2019.

ZHEN, Z.; LIU, X.; HUANG, T.; XI, T.; ZHENG, Y. Hemolysis and cytotoxicity mechanisms of biodegradable magnesium and its alloys. **Materials Science and Engineering: C**, v. 46, p. 202-206, 2015.

ZHENG, M.; SHI, J.; SHI, J.; WANG, Q.; LI, Y. Antimicrobial effects of volatiles produced by two antagonistic *Bacillus* strains on the anthracnose pathogen in postharvest mangos. **Biological Control**, v. 65, p. 200-206, 2013.

APÊNDICE

APÊNDICE 1 - Questionário de Recrutamento.

RECRUTAMENTO DE DEGUSTADORES													
<p>Neste momento o Núcleo de Estudos em Ciência de Alimentos – NECAL da UESB, Campus de Itapetinga, necessita formar uma equipe de degustadores para avaliar sorvete de manga com substitutos de gordura. Se você deseja participar, por favor, preencha este formulário e retorne-o, o quanto antes, ao Laboratório de Análise Sensorial (Lab. 05).</p>	<p>4. Você já consumiu sorvete "light"? () Sim () Não</p> <p>Se a resposta anterior foi "SIM" indique o quanto você gostou ou desgostou do produto. () Gostei Muito () Não Gostei/Nem desgostei () Desgostei</p>												
<p>Então, vamos lá!</p> <p>Nome: _____</p> <p>E-mail: _____</p> <p>Telefone: _____</p>	<p>5. Indique se você possui:</p> <p>a) Diabetes: () Sim () Não b) Hipertensão: () Sim () Não c) Doenças Bucais: () Sim () Não d) Prótese Dentária: () Sim () Não</p>												
<p>Faixa Etária: () 15 a 20 () 21 a 30 () 31 a 40 () 41 a 50 () mais de 51.</p>	<p>6. Especifique os alimentos que você não pode comer ou beber por razões de saúde (intolerância e/ou alergia). Explique, por favor.</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>												
<p>Horários Disponíveis:</p> <table><thead><tr><th>Manhã</th><th>Tarde</th></tr></thead><tbody><tr><td>() Segunda-Feira</td><td>() Segunda-Feira</td></tr><tr><td>() Terça-Feira</td><td>() Terça-Feira</td></tr><tr><td>() Quarta-Feira</td><td>() Quarta-Feira</td></tr><tr><td>() Quinta-Feira</td><td>() Quinta-Feira</td></tr><tr><td>() Sexta-Feira</td><td>() Sexta-Feira</td></tr></tbody></table>	Manhã	Tarde	() Segunda-Feira	() Segunda-Feira	() Terça-Feira	() Terça-Feira	() Quarta-Feira	() Quarta-Feira	() Quinta-Feira	() Quinta-Feira	() Sexta-Feira	() Sexta-Feira	<p>7. Você está tomando alguma medicação que poderia influir sobre sua capacidade de perceber odores ou sabores? Caso positivo, explique, por favor.</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
Manhã	Tarde												
() Segunda-Feira	() Segunda-Feira												
() Terça-Feira	() Terça-Feira												
() Quarta-Feira	() Quarta-Feira												
() Quinta-Feira	() Quinta-Feira												
() Sexta-Feira	() Sexta-Feira												
<p>1. Você gosta de sorvete? () Gosto () Não gosto/Nem desgosto () Desgosto</p>													
<p>2. Qual a frequência que você consome sorvete? () Todos os dias () 1 vez por semana () 1 vez por mês () Raramente.</p>													
<p>3. O que leva você a comprar sorvete? () saboroso/apetitoso () preço () marca () novidade () saudável</p>													

8. Cite um alimento que seja amargo.

9. Cite um alimento que seja doce.

10. Cite um alimento que seja duro.

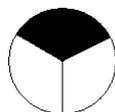
11. Cite um alimento que grude nos dentes ao ser mastigado.

12. Cite um alimento que seja adstringente.

13. Marque na linha à direita de cada figura, um trecho que indique a proporção da figura que foi coberta de preto (não use régua, use apenas sua capacidade visual de avaliar).



Nenhuma Toda



Nenhuma Toda



Nenhuma Toda

OBRIGADA POR SUA COLABORAÇÃO!

MSc. Cristina Xavier dos Santos Leite
(77)99148-2038
Prof. Dr. Marcondes Viana da Silva



Itapetinga/BA

APÊNDICE 2 - Ficha de Avaliação Sensorial Teste Triangular - solução sacarose

Ficha de Avaliação Sensorial

Nome: _____

Você está recebendo 3 amostras codificadas. Por favor, avalie as amostras da esquerda para a direita. Circule a amostra DIFERENTE.

ANÁLISE SENSORIAL

Nome: _____ Idade: _____

Teste de Aceitação e Intenção de Compra

AMOSTRA: _____

Você está recebendo uma amostra de sorvete. Indique na escala abaixo o quanto você gostou ou desgostou da amostra em relação aos parâmetros:

() sabor () aroma () textura () cor () impressão global

- 9 - Gostei extremamente
- 8 - Gostei muito
- 7 - Gostei moderadamente
- 6 - Gostei ligeiramente
- 5 - Indiferente
- 4 - Desgostei ligeiramente
- 3 - Desgostei moderadamente
- 2 - Desgostei muito
- 1 - Desgostei extremamente

Assinale abaixo sua intenção de compra:

- (5) Certamente compraria o produto;
- (4) Possivelmente compraria o produto;
- (3) Talvez comprasse/talvez não comprasse;
- (2) Possivelmente não compraria o produto;
- (1) Certamente não compraria o produto.

Checagem de tudo o que se aplica (CATA *Check-All-That-Apply*)

Por favor, marque os atributos que se aplicam a amostra:

- | | | |
|--------------------|-----------------------|-----------------------------|
| () Gelado | () Gosto de manga | () Gomoso |
| () Doce | () Gosto de casca | () Duro |
| () Gosto de leite | () Cristal de gelo | () Cor de sorvete de manga |
| () Cremoso | () Arenoso (farinha) | () Aroma de manga |

Observação:

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA – UESB
Campus Juvino Oliveira



Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012, Conselho Nacional de Saúde.

Convite para participação na Análise Sensorial

Convidamos você a participar como provador do experimento de pesquisa de Doutorado em Engenharia e Ciência de Alimentos cujo objetivo é obter produtos com a utilização de resíduos da agroindústria e substitutos de gordura.

Responsáveis por esta pesquisa: Cristina Xavier dos Santos Leite e Prof. Marcondes Viana da Silva, UESB – Itapetinga.

Objetivo desta pesquisa: Avaliar a aceitação sensorial de sorvete acrescido de farinha de manga e substituto de gordura (inulina, goma guar, goma arábica).

Benefícios: Utilização de resíduos da agroindústria (farinha de casca de manga) como potenciais antioxidantes naturais, produto com baixo teor de gordura.

Riscos: Existem riscos decorrentes de contaminações de origem microbiana, porém todas as amostras foram elaboradas obedecendo às condições higiênico-sanitárias adequadas segundo a legislação vigente. Se o participante apresentar alergia, intolerância ou doença pré-existente a algum tipo de ingrediente, sua participação será dispensada. Caso a alergia ou desconforto se manifeste no período da pesquisa, o participante será imediatamente excluído do estudo e encaminhado para a Unidade de Saúde da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia para que sejam tomadas as devidas providências.

Confiabilidade: As informações desta pesquisa são confidenciais e divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre sua participação. Qualquer esclarecimento ou dúvida podem ser sanados durante todo o período da pesquisa pelos pesquisadores responsáveis ou com o Conselho de Ética em Pesquisa.

A participação nesta pesquisa é de caráter voluntário, assim, nenhum participante será remunerado e, por isso, possui garantia de plena liberdade, ou seja, de recusar-se a participar, sem penalização alguma.

Caso aceite participar desta pesquisa, este documento precisará ser assinado em duas vias, sendo que uma das vias ficará com o participante da pesquisa e a outra será arquivada pelos pesquisadores por cinco anos. Sua participação é de extrema importância para nós.

Ciente e de acordo com o que foi exposto, eu _____,
portador do documento de Identidade _____ estou de acordo em participar desta
pesquisa, assinando este consentimento.

Assinatura (participante)

Assinatura (pesquisador)

Itapetinga/BA, _____ de _____ de _____.

Contato institucional:

Núcleo Estudos em Ciência de Alimentos (NECAL)
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB)
Itapetinga - BA. Tel.: (77) 3261-8461
Email: mviana@edu.uesb.br

Informações ou dúvidas sobre Ética em Pesquisa:

Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEP)
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB)
Cruz das Almas –BA; CEP: 44.380-000
Tel.: (75)3621-6850
E-mail: eticaempesquisa@ufrb.edu.br