



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

**DESENVOLVIMENTO DE SORVETE FUNCIONAL SIMBIÓTICO
COM POLPA DE CAGAITA (*Eugenia dysenterica*)**

Renata Teixeira Pfrimer
Orientador: Prof. Dr. Edmar Soares Nicolau

GOIÂNIA
2021



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES

E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do material bibliográfico

☐ Dissertação ☒ Tese

2. Nome completo do autor

Renata Teixeira Pfrimer

3. Título do trabalho

Desenvolvimento de sorvete funcional simbiótico com polpa de cagaíta (*Eugenia dysenterica*)

4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento ☒ SIM ☐ NÃO*

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

- a) consulta ao(a) autor(a) e ao(a) orientador(a);
 - b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação.
- O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.



Documento assinado eletronicamente por RENATA TEIXEIRA PFRIMER, Usuário Externo, em 17/01/2022, às 16:38, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

Documento assinado eletronicamente por Edmar Soares Nicolau, Usuário Externo, em 17/01/2022, às 20:54, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador 2629838 e o código CRC 14E9A4BC.

RENATA TEIXEIRA PFRIMER

**DESENVOLVIMENTO DE SORVETE FUNICONAL SIMBIÓTICO
COM POLPA DE CAGAITA (*Eugenia dysenterica*)**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor
em Ciência Animal junto à Escola de Veterinária e
Zootecnia da Universidade Federal de Goiás

Área de Concentração:

Saúde Animal, Tecnologia e Segurança de Alimentos

Linha de Pesquisa:

Tecnologia e Inspeção de Alimentos

Orientador:

Prof. Dr. Edmar Soares Nicolau – EVZ/UFG

Comitê de orientação:

Profa. Dra. Clarice Gebara Muraro Serrate Cordeiro -
EVZ/UFG

Profa. Dra. Karyne Oliveira Coelho – UEG

GOIÂNIA

2021

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Pfimer, Renata Teixeira
DESENVOLVIMENTO DE SORVETE FUNCIONAL SIMBIÓTICO
COM POLPA DE CAGAITA (*Eugenia dysenterica*) [manuscrito] /
Renata Teixeira Pfimer. - 2021.
xxii, 276 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Edmar Soares Nicolau; co-orientadora Dra.
Clarice Gebara Muraro Serrate Cordeiro; co-orientador Dr. Karyne
Oliveira Coelho.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de
Veterinária e Zootecnia (EVZ), Programa de Pós-Graduação em
Ciência Animal, Goiânia, 2021.

Bibliografia. Anexos.

Inclui siglas, fotografias, abreviaturas, símbolos, gráfico, tabelas,
lista de figuras, lista de tabelas.

1. fruto nativo. 2. leiteiro. 3. produtos inovadores. 4. superfoods. 5.
sustentabilidade.. I. Nicolau, Edmar Soares, orient. II. Título.

CDU 664



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
ATA DE DEFESA DE TESE

Ata Nº 320 da sessão de Defesa de Tese de Renata Teixeira Pfrimer que confere o título de Doutora em Ciência Animal, na área de concentração em Saúde Animal, Tecnologia e Segurança de Alimentos.

Aos dezessete dias do mês de dezembro de dois mil e vinte e um a partir da(s) 08h30min, por meio de videoconferência, realizou-se a sessão pública de Defesa de Tese intitulada "Desenvolvimento de sorvete funcional simbiótico com polpa de cagaíta (*Eugenia dysenterica*)". Os trabalhos foram instalados pelo(a) Orientador(a), Prof. Dr. Edmar Soares Nicolau (PPGCA) com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Prof. Dr. Leorges Moraes da Fonseca (UFMG), membro titular externo à instituição; Prof. Dr. Moacir Evandro Lage (EVZ/UFMG) membro suplente externo ao programa; Prof.ª Dr.ª Veridiana de Carvalho Antunes (CEFET/RJ), membro titular externo à instituição; Prof.ª Dr.ª Valéria Quintana Cavicchioli (EVZ/UFMG), membro titular externo ao programa. Durante a arguição os membros da banca não fizeram sugestão de alteração do título do trabalho. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Tese tendo sido(a) o(a) candidato(a) aprovada pelos seus membros. Proclamados os resultados pelo(a) Prof. Dr. Edmar Soares Nicolau, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora, aos dezessete dias do mês de dezembro de dois mil e vinte e um.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA



Documento assinado eletronicamente por Veridiana de Carvalho Antunes, Usuário Externo, em 17/12/2021, às 12:10, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por Valeria Quintana Cavicchioli, Professora do Magistério Superior, em 17/12/2021, às 12:10, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por Moacir Evandro Lage, Professor do Magistério Superior, em 17/12/2021, às 12:11, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por Leorges Moraes da Fonseca, Usuário Externo, em 17/12/2021, às 12:11, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

Documento assinado eletronicamente por Edmar Soares Nicolau, Usuário Externo, em 17/12/2021, às 12:14, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

1/17/22, 10:55 AM

SEI/UFMG - 2568396 - Ata de Defesa de Tese



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site
https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador 2568396 e o código CRC D56FDAF5.

Referência: Processo nº 23070.062311/2021-77

SEI nº 2568396

Dedico a mim.
Por toda a minha jornada e
pela mulher que me tornei.

AGRADECIMENTOS

À Deus e toda espiritualidade em que acredito, por me guiar nessa jornada e me abençoar ao proporcionar a convivência com pessoas incríveis que, por diferentes formas, foram anjos na minha vida e me ajudaram a chegar até aqui.

Ao meu pai, Richard Pfrimer, por todo amparo emocional e financeiro e por toda sabedoria compartilhada, por sempre torcer por mim e tentar minimizar de todas as formas os estresses ao longo da pós-graduação. Amo você.

Aos meus irmãos, Igor Teixeira Pfrimer e Rüdiger Teixeira Pfrimer, por me escutarem nos momentos em que precisei, me darem ânimo para seguir em frente, e se unirem, junto ao meu pai, para proporcionar momentos de leveza e perceber que somos uma família-lar e estamos juntos um pelo outro para minimizar os fardos pesados dessa vida. Amo vocês.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Edmar Soares Nicolau, pelo apoio, pelos conselhos, por aceitar a me orientar não só no campo científico, mas também no âmbito pessoal e acreditar no nosso projeto.

À minha co-orientadora, Profa. Dra. Clarice Gebara Muraro Serrate Cordeiro, que me ajudou muito, me guiou, orientou, participou ativamente de todo o projeto, repassou os seus conhecimentos com uma maestria impecável e por ser uma referência de profissional. E me auxiliou não só profissionalmente, mas também pessoalmente por me escutar, por ajudar a lidar com minhas emoções e estar sempre disponível.

À minha co-orientadora, Profa. Dra. Karyne Oliveira Coelho, por toda orientação, por aceitar essa função exercê-la com muito carinho ao projeto e a mim, por agregar consideravelmente o projeto com suas ideias e experiência profissional. Agradeço por ser muito solícita em ajudar a solucionar os entraves da pesquisa, pelo apoio, por toda atenção e ser referência como pessoa e profissional.

Aos professores, Profa. Dra. Cíntia Silva Minafra e Rezende, Profa. Dra. Iolanda Aparecida Nunes, Prof. Dr. Antônio Nonato de Oliveira, Prof. Dr. Cristiano Sales Prado e ao Prof. Dr. Moacir Evandro Lage por compartilharem conhecimentos e auxiliarem no meu crescimento profissional.

À Lohanne Franciele Damasceno Martins, por ser uma grande amiga e ajudar, mesmo que não presente fisicamente, em todos os momentos, por contribuir a achar soluções e propiciar calma na minha mente.

Aos graduandos de iniciação científica, Amanda Ferreira Cruz, Katheryn Merz, Paulo Henrique Dantas de Sousa, por ajudarem muito, compartilharem e dividirem a parte experimental da pesquisa comigo.

Ao Centro de Pesquisa em Alimentos da EVZ-UFG por toda infra-estrutura oferecida, contribuindo de forma excepcional para a realização da pesquisa.

A todos os colaboradores do Centro de Pesquisa em Alimentos da EVZ-UFG por toda receptividade, afabilidade, disponibilidade.

Um obrigado especial aos colaboradores do Laboratório de Microbiologia de Alimentos: Agnalva Arruda Ferreira Gonçalves, Lorena Aparecida Lopes, Neuza Dias Silva Souza. Aos colaboradores do Laboratório de Físico-Química: Fernanda Leite Santos, Liliany Aquino Rocha, Nubia de Jesus Ramos Pereira, Maria Izabel Amaral Souza, Maria Rogéria da Silva, Wenderson dos Santos Teixeira, Sandra Maria Pereira dos Santos e Andressa Kuhnen Silva. Aos colaboradores do Laboratório de Qualidade do Leite: Adriano Patrick Borges de Almeida, Elias Magalhães da S. Júnior, Laura Cristina Rocha Carvalho, Pedro de Souza Ramos Neto e Willian Batista Ribeiro. E aos colaboradores da Divisão Administrativa e Financeira: Anna Karolina Prasal, Bianca dos Santos Sousa, Janaína Silva Lima e José Carlos Lopes Parreira. Todos vocês foram primordiais para a minha rotina dos laboratórios, sempre acolhedores e sempre me ajudaram muito para dar prosseguimento aos experimentos do projeto

Aos técnicos, Crystiene Gonçalves Benício, Daiana de Souza Fernandes, Daniel Graziani, Deivis Carvalho, por serem tão receptivos, tão solícitos, amorosos em receber o projeto, auxiliar o máximo que conseguiriam e colaborar com ideias que agregaram mais o trabalho.

Ao guarda João Pedro Louredo que sempre me incentivou a ser grata pela oportunidade de fazer pesquisa, mesmo estando cansada e indo embora tarde para casa. Transmitia confiança e profissionalismo para permitir que eu ficasse no Centro de Pesquisa em Alimentos até a hora que precisasse para finalizar a rotina do dia.

Aos colaboradores Sr. Antônio, Sr. Geraldino e Neide por serem tão atenciosos, dispostos a ajudar, fazer café e avisar que tinha “acabado de sair café novinho” para impulsionar na rotina diária.

Aos meus amigos, desde o Ensino Médio, que continuam comigo por todas as etapas da minha vida: Bruno Rabelo Müller Salomão, Eduardo Carneiro Resende Lara, Gabriela Lazzari Ribas, Jade Cristina Nogueira, Joice Castro A. e Prado, João Paulo Botelho Tomé, Rodrigo Norberto Mateus Sargedine, Thiago Amaral, Vinicius Rosse

Caldas que compartilham risadas, sonhos, expectativas, preocupações, transformam momentos difíceis em momentos leves e sempre estão presentes. Amo vocês.

À minha amiga Claudia Rodrigues de Brito que torce sempre pelo meu sucesso e compartilha comigo os anseios da vida profissional e como podemos nos tornar veterinárias melhores. E além de dividir a visão profissional, dividi os percalços e conquistas da vida pessoal. Amo você.

Às cachorras que fazem parte da minha vida, que mesmo que não lendo esse agradecimento, é importante que todos que leiam, saibam que elas são meu centro de calmaria e me dão muito aconchego. Então, um agradecimento muito caloroso à Brownie, Nina, Cookie, Luna e especialmente, à Cacau e Malu que são as que diretamente estão sob minha tutela e são extremamente amorosas.

À indústria Laticínio Lactosul Industria de Laticínios Ltda, pela doação do soro em pó e à Fonterra Brasil LTDA, pela doação do leite em pó por terem colaborado com a execução do projeto e terem colaboradores muito receptivos e amigáveis.

À empresa Sacco, pela doação da cultura probiótica e por serem tão prestativos, solícitos e se envolverem com o objetivo do projeto.

À Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás por toda infraestrutura oferecida, contribuindo de forma distinta para a minha formação.

À Universidade Federal de Goiás por todas as oportunidades oferecidas, por toda infraestrutura e apoio para que a minha formação fosse de excelência.

À CAPES pela concessão da bolsa de Doutorado.

Sou extremamente grata por vocês estarem de forma temporária ou duradoura na minha vida.

Muitíssimo obrigada!

Uma epígrafe é muito singela –
Carta aberta Anexo I

SUMÁRIO

RESUMO.....	18
ABSTRACT.....	19
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES INICIAIS	
1.INTRODUÇÃO.....	20
2.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	22
2.1. Sorvete.....	22
2.2. Gordura do leite.....	32
2.2.1. Biossíntese da gordura do leite	32
2.2.2. Importância nutricional.....	34
2.3. Leiteiro.....	36
2.3.1. Obtenção	36
2.3.2. Constituintes do leiteiro	38
a) Fração polar.....	40
b) Fração proteica.....	41
2.3.3. Aplicações tecnológicas do leiteiro.....	46
2.4. Soro lácteo.....	48
2.5. <i>Lactobacillus acidophilus</i>	53
2.6. Inulina.....	55
2.7. Cagaiteira (<i>Eugenia dysenterica</i>).....	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69
ANEXO I.....	101
CAPÍTULO 2 – DESENVOLVIMENTO DE SORVETE FUNCIONAL	
RESUMO.....	103
ABSTRACT.....	104
1.INTRODUÇÃO.....	105
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	107
2.1. Ingredientes.....	107
2.2. Testes preliminares.....	107
2.3. Design Simplex Centroide.....	114
2.4. Produção dos sorvetes funcionais.....	116
2.5. Análises físico-químicas.....	117
2.6. Análises microbiológicas.....	125
2.7. Análise estatística.....	126

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	127
3.1. Caracterização físico-química e microbiológica da matéria-prima.....	127
3.2. Caracterização físico-química dos sorvetes funcionais.....	128
3.2.1. Overrun.....	135
3.2.2. Teste de velocidade de derretimento.....	137
3.2.3. Coordenadas colorimétricas dos sorvetes funcionais.....	141
3.3. Design simplex centroide.....	143
3.4. Caracterização microbiológica.....	153
4. CONCLUSÃO.....	155
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	156
CAPÍTULO 3 – DESENVOLVIMENTO DE SORVETE FUNCIONAL PROBIÓTICO	
RESUMO.....	160
ABSTRACT.....	161
1.INTRODUÇÃO.....	162
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	164
2.1. Ingredientes.....	164
2.2. Testes preliminares.....	164
2.3. Produção dos sorvetes funcionais probióticos.....	167
2.4. Análises físico-químicas.....	168
2.5. Análise Descritiva Quantitativa.....	176
2.6. Análises microbiológicas.....	178
2.7. Análise estatística.....	180
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	181
3.1. Caracterização físico-química e microbiológica da matéria-prima.....	182
3.2. Caracterização físico-química dos sorvetes funcionais probióticos.....	188
3.2.1. Overrun.....	188
3.2.2. Teste de velocidade de derretimento.....	190
3.2.3. Coordenadas colorimétricas dos sorvetes funcionais probióticos.....	195
3.3. Análise Sensorial Descritiva Quantitativa.....	198
3.4. Caracterização microbiológica.....	204
4. CONCLUSÃO.....	208
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	209
ANEXO I.....	214
ANEXO II.....	219
ANEXO III.....	221

CAPÍTULO 4 – DESENVOLVIMENTO DE SORVETE FUNCIONAL SIMBIÓTICO	
RESUMO	222
ABSTRACT	223
1.INTRODUÇÃO.....	224
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	226
2.1. Ingredientes	226
2.2. Testes preliminares.....	227
2.3. Produção dos sorvetes funcionais simbióticos	227
2.4. Análises físico-químicas.....	228
2.5. Reologia.....	236
2.6. Análise do Perfil de Textura (TPA).....	238
2.7. Análise Descritiva Quantitativa.....	241
2.8. Análises microbiológicas.....	243
2.9. Análise estatística	245
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	246
3.1. Caracterização físico-química e microbiológica da matéria-prima.....	246
3.2. Caracterização físico-química dos sorvetes funcionais simbióticos.....	249
3.2.1. Overrun.....	254
3.2.2. Teste de velocidade de derretimento	256
3.2.3. Coordenadas colorimétricas dos sorvetes funcionais simbióticos.....	260
3.3. Reologia.....	263
3.4. Análise do Perfil de Textura (TPA).....	266
3.5. Microscopia confocal	269
3.6. Análise Sensorial Descritiva Quantitativa.....	271
3.7. Caracterização microbiológica	275
4. CONCLUSÃO.....	277
CONSIDERAÇÕES FINAIS	278
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	279
ANEXO I.....	285
ANEXO II	290
ANEXO III.....	292

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES INICIAIS

FIGURA 1 - Mistura do sorvete e sorvete após o processo de aeração. (a) foto da estrutura dos componentes da mistura do sorvete por microscopia eletrônica de transmissão; f = glóbulo de gordura com gordura cristalizada, c = micelas de caseína. (b) foto por microscopia eletrônica do sorvete após passar pelo processo de aeração; f = glóbulo de gordura, a = bolha de ar. 224

FIGURA 2 – Coeficiente de consistência em sorvetes com aumento da concentração de proteínas. 225

FIGURA 3 – Relação da coalescência parcial em sorvetes com o aumento da concentração de proteínas..... 226

FIGURA 4 – Representação esquemática do processamento de sorvetes de massa 27

FIGURA 5 - Representação esquemática da modificação estrutural dos glóbulos de gordura durante o processamento do sorvete. 30

FIGURA 6 - Ilustração da seção longitudinal de um quarto da glândula mamária da vaca (à esquerda) e representação do alvéolo constituído por um arranjo elíptico de células secretoras que envolvem o lúmen..... 32

FIGURA 7 - Representação dos estágios da produção de manteiga. A fase aquosa (preto) e a gordura e seus aglomerados (branco)..... 37

FIGURA 8 - Estágios de produção de manteiga. Etapa 1: separação do creme, etapa 2: agitação, etapa 3: agitação e separação do leitelho, etapa 4: drenagem do leitelho e etapa 5: malaxagem 38

FIGURA 9 - Representação da distribuição dos fosfolipídios e proteínas que constituem a membrana do glóbulo de gordura do leite. 42

FIGURA 10 - Emissão de botões e floração branca da cagaiteira (*Eugenia dysenterica*) 43

FIGURA 11 - Frutos verde, quando jovens, e amarelo-pálido quando maduros da cagaita (*Eugenia dysenterica*)..... 43

CAPÍTULO 2 - DESENVOLVIMENTO DE SORVETE FUNCIONAL

FIGURA 1 - Formulações - teste para determinação das concentrações mínimas e máximas dos ingredientes variáveis 109

FIGURA 2 – Formulações produzidas com leite em pó 113

FIGURA 3 - Representação das superfícies geradas dos sorvetes funcionais no planejamento simplex centroide para mistura ternária.	114
FIGURA 4 - Fluxograma de fabricação dos sorvetes funcionais.....	117
FIGURA 5 – Utensílios e equipamento utilizados para o teste de velocidade de derretimento dos sorvetes funcionais	123
FIGURA 6 - Sistema de coordenadas colorimétricas para determinação de cor.	124
FIGURA 7 - Análise de Componentes Principais entre ingredientes, sorvetes funcionais e parâmetros físico-químicos.....	135
FIGURA 8 - Teste de velocidade de derretimento dos sorvetes funcionais.....	138
FIGURA 9 - Comparação entre os comportamentos das amostras F1(90% leite/creme,5% de soro e 5% de leite) e F4 (70% leite/creme, 15% de soro e 15% de leite), a cada 10 minutos, no teste de velocidade de derretimento durante 70 minutos.....	140
FIGURA 10 - Curvas de nível para a composição físico-química dos sorvetes funcionais	146
FIGURA 11 - Valores observados (círculos azuis) versus valores preditos (linha diagonal vermelha) para os parâmetros físico-químicos dos sorvetes funcionais.....	151

CAPÍTULO 3 - DESENVOLVIMENTO DE SORVETE FUNCIONAL PROBIÓTICO

FIGURA 1 - Formulações-teste para determinação da concentração de polpa de cagaita e açúcar nos sorvetes funcionais probióticos	166
FIGURA 2 - Fluxograma de fabricação dos sorvetes funcionais probióticos com e sem adição de polpa de cagaita	168
FIGURA 3 – Utensílios e equipamento utilizados para o teste de velocidade de derretimento dos sorvetes funcionais probióticos	174
FIGURA 4 - Sistema de coordenadas colorimétricas para determinação de cor.	175
FIGURA 5 - Comparação da correlação estabelecida entre os ingredientes e os parâmetros físico-químicos	186
FIGURA 6 - Comparação da correlação estabelecida entre as formulações de sorvetes funcionais probióticos e os parâmetros físico-químicos.....	187
FIGURA 7 - Teste de velocidade de derretimento dos sorvetes funcionais.....	192

FIGURA 8 - Comparação entre os comportamentos das amostras de sorvetes funcionais probióticos sem adição de polpa de cagaita e com adição de polpa de cagaita, a cada 10 minutos, no teste de velocidade de derretimento durante 60 minutos.....193

FIGURA 9 – Aparência e comparação visual dos sorvetes funcionais probióticos, após 20 minutos em temperatura ambiente (25 °C)..... 194

FIGURA 10 - Comparação visual do parâmetro de cor dos sorvetes funcionais probióticos 197

FIGURA 11 - Gráfico radar de intensidade dos atributos de cor e aroma a partir da análise sensorial descritiva dos sorvetes funcionais probióticos com e sem adição de polpa de cagaita (*Eugenia dysenterica*). 200

FIGURA 12 - Gráfico radar de intensidade do atributo de sabor a partir da análise sensorial descritiva dos sorvetes funcionais probióticos com e sem adição de polpa de cagaita (*Eugenia dysenterica*). 202

FIGURA 13 - Gráfico radar de intensidade do atributo de textura a partir da análise sensorial descritiva dos sorvetes funcionais probióticos com e sem adição de polpa de cagaita (*Eugenia dysenterica*) 203

CAPÍTULO 4 – DESENVOLVIMENTO DE SORVETE FUNCIONAL SIMBIÓTICO COM POLPA DE CAGAITA (*Eugenia dysenterica*)

FIGURA 1 – Utensílios e equipamento utilizados para o teste de velocidade de derretimento dos sorvetes funcionais simbióticos 234

FIGURA 2 - Sistema de coordenadas colorimétricas para determinação de cor. 235

FIGURA 3 - Curva de escoamento para diferentes tipos de fluidos 237

FIGURA 4 - Curva de força-deslocamento obtida de um teste de dupla descompressão usando a abordagem de análise de perfil de textura (TPA). 238

FIGURA 5 - Texturômetro TA-XT Plus e probe P10 utilizados para análise do perfil de textura dos sorvetes funcionais simbióticos. 239

FIGURA 6 - Curva de deformação ao realizar análise do perfil de textura 239

FIGURA 7 - Microscopia confocal de amostra de sorvete corada com Isotiocianato de Fluoresceína isômero I (FTIC) para identificação de proteínas (verde, à esquerda) e Vermelho Nilo para identificação de glóbulos de gordura (vermelho, à direita) na amostra. 240

FIGURA 8 - Comparação da correlação estabelecida entre os ingredientes e os parâmetros físico-químicos 252

FIGURA 9 - Comparação da correlação estabelecida entre as formulações de sorvetes funcionais simbióticos e os parâmetros físico-químicos	253
FIGURA 10 - Teste de velocidade de derretimento dos sorvetes funcionais simbióticos	258
FIGURA 11 - Comparação entre os comportamentos das amostras de sorvetes funcionais simbióticos sem adição de polpa de cagaita e com adição de polpa de cagaita, a cada 10 minutos, no teste de velocidade de derretimento durante 60 minutos.....	259
FIGURA 12 - Comparação visual do parâmetro de cor dos sorvetes funcionais simbióticos.....	262
FIGURA 13 - Curva de escoamento dos sorvetes funcionais simbióticos com e sem adição de polpa de cagaita	264
FIGURA 14 - Curva de viscosidade dos sorvetes funcionais simbióticos com e sem adição de polpa de cagaita	265
FIGURA 15 - Aspecto visual de amostra de sorvete funcional simbiótico após análise do perfil de textura instrumental.....	267
FIGURA 16 - Curvas de força-tempo de sorvetes funcionais simbióticos obtidos a partir da abordagem de análise do perfil de textura (TPA) instrumental.	268
FIGURA 17 - Microscopia confocal dos sorvetes funcionais simbióticos corados com as sondas Vermelho Nilo e FTIC. À esquerda, temos a imagem DIC, a imagem intermediária apresenta os glóbulos de gordura corados com a sonda Vermelho Nilo e na extrema direita a rede proteica é evidenciada na cor verde ao ser corada com FTIC. As setas brancas identificam as bolhas de ar.	269
FIGURA 18 - Gráficos semi-quantitativos de lipídeos (à esquerda) e proteínas (à direita) obtidos a partir da quantificação de pixels das imagens obtidas através da microscopia confocal dos sorvetes funcionais simbióticos.....	270
FIGURA 19 - Gráfico radar de intensidade dos atributos de cor e aroma a partir da análise sensorial descritiva dos sorvetes funcionais simbióticos com e sem adição de polpa de cagaita (<i>Eugenia dysenterica</i>).	271
FIGURA 20 - Gráfico radar de intensidade do atributo de sabor a partir da análise sensorial descritiva dos sorvetes funcionais simbióticos com e sem adição de polpa de cagaita (<i>Eugenia dysenterica</i>).	273
FIGURA 21 - Gráfico radar de intensidade do atributo de textura a partir da análise sensorial descritiva dos sorvetes funcionais simbióticos com e sem adição de polpa de cagaita (<i>Eugenia dysenterica</i>)	274

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES INICIAIS

TABELA 1 - Composição química mundial, em porcentagem (%), de leite cru, leite desnatado e leiteiro.....	39
TABELA 2 - Lipídios totais e quantidades de fosfolipídios em alguns produtos lácteos..	40
TABELA 3 - Comparação da atividade antioxidante da cagaita pelo método ABTS, DPPH e ORAC com frutas nativas comerciais no Brasil.....	61
TABELA 4 - Teores de ácido ascórbico e β -caroteno de diferentes polpas de frutas....	62
TABELA 5 - Comparação entre teores de compostos fenólicos (mg de ácido gálico/100g de polpa) em diferentes polpas de frutas brasileiras.....	64
TABELA 6 - Teores de ácido ascórbico e β -caroteno de diferentes polpas de frutas.....	65
TABELA 7 - Comparação entre teores de compostos fenólicos (mg de ácido gálico/100g de polpa) em diferentes polpas de frutas brasileiras.....	67

CAPÍTULO 2 - DESENVOLVIMENTO DE SORVETE FUNCIONAL

TABELA 1 - Concentração dos ingredientes utilizados para a fabricação das formulações-teste de sorvetes funcionais	108
TABELA 2 – Caracterização físico-química das formulações-teste dos sorvetes funcionais (médias $\pm$ desvio padrão, n=3).....	110
TABELA 3 - Caracterização microbiológica das formulações-teste dos sorvetes funcionais (n=2).....	110
TABELA 4 - Concentração de ingredientes das formulações com leite em pó.....	111
TABELA 5 - Caracterização físico-química das formulações com leite em pó	112
TABELA 6 - Concentração dos ingredientes lácteos das formulações-controle dos sorvetes funcionais	113
TABELA 7 - Percentual mínimo e máximo dos ingredientes dos sorvetes funcionais	115
TABELA 8 - Planejamento experimental obtido pelo delineamento simplex centrado para o processamento de sorvetes funcionais	115

TABELA 9 - Caracterização físico-química da matéria-prima utilizada na fabricação de sorvetes funcionais (média $\pm$ desvio padrão, n=3)	127
TABELA 10 - Caracterização microbiológica da matéria-prima, utilizada na fabricação de sorvetes funcionais (n=2).....	128
TABELA 11 – Caracterização físico-química dos sorvetes funcionais (média $\pm$ desvio padrão, n =3).....	130
TABELA 12 - Coeficiente de correlação de Pearson* entre matéria-prima e parâmetros físico-químicos	131
TABELA 13 - Caracterização físico-química de diferentes sorvetes de creme descritos na literatura.....	133
TABELA 14 - Valores de overrun (%) obtidos para as diferentes formulações de sorvetes funcionais após a etapa de batimento e congelamento (n=2)	135
TABELA 15 - Comportamento em relação ao peso dos sorvetes funcionais durante o teste de velocidade de derretimento (g/min, a cada 10 minutos).....	137
TABELA 16 - Colorimetria das diferentes formulações de sorvetes funcionais (médias $\pm$ desvio padrão, n=3)	141
TABELA 17 - Valor-p, coeficiente de determinação experimental (R^2) e coeficiente de determinação ajustados (R_A^2) de cada modelo testado para cada variável resposta.....	144
TABELA 18 - Modelos matemáticos para os parâmetros físico-químicos em relação ao soro (x1), leiteiro (x2) e leite/creme (x3) em pseudocomponentes.	144
TABELA 19 - Caracterização microbiológica dos sorvetes funcionais (n=2).....	153

CAPÍTULO 3 – DESENVOLVIMENTO DE SORVETE FUNCIONAL PROBIÓTICO

TABELA 1 - Concentração dos ingredientes utilizados para a fabricação das formulações-teste de sorvetes funcionais probióticos saborizados com polpa de cagaita.....	165
TABELA 2 - Caracterização físico-química da matéria-prima utilizada na fabricação de sorvetes funcionais probióticos (média $\pm$ desvio padrão, n=3).....	181
TABELA 3 - Caracterização microbiológica da matéria-prima, utilizada na fabricação de sorvetes funcionais probióticos (n=2).....	182
TABELA 4 – Caracterização físico-química dos sorvetes funcionais probióticos (média $\pm$ desvio padrão, n =3).....	183
TABELA 5 - Coeficiente de correlação de Pearson entre matéria-prima e parâmetros físico-químicos.....	185

TABELA 6 - Valores de overrun (%) obtidos para as diferentes formulações de sorvetes funcionais probióticos após a etapa de batimento e congelamento (n=2).....	188
TABELA 7 - Comportamento dos sorvetes funcionais durante o teste de velocidade de derretimento (g/min, a cada 10 minutos).....	190
TABELA 8 - Características colorimétricas da matéria-prima utilizada na fabricação dos sorvetes funcionais probióticos (média $\pm$ desvio padrão, n=3).....	195
TABELA 9 - Colorimetria das diferentes formulações de sorvetes funcionais probióticos (médias $\pm$ desvio padrão, n=3).....	196
TABELA 10 - Médias das notas dos provadores para cada parâmetro avaliado dos sorvetes funcionais probióticos.....	199
TABELA 11 - Caracterização microbiológica dos sorvetes funcionais probióticos (n=2).....	204
TABELA 12 - Comparação das diferentes condições de crescimento da cultura probiótica de <i>Lactobacillus acidophilus</i> (médias, n=6).....	205
TABELA 13 - Avaliação da viabilidade da cultura probiótica <i>Lactobacillus acidophilus</i> (Log10 UFC/g) em sorvetes funcionais probióticos, ao longo de 110 dias de armazenamento (médias, n=2).....	205

CAPÍTULO 4 – DESENVOLVIMENTO DE SORVETE FUNCIONAL SIMBIÓTICO COM POLPA DE CAGAITA (*Eugenia dysenterica*)

TABELA 1 - Caracterização físico-química da matéria-prima utilizada na fabricação de sorvetes funcionais simbióticos (média $\pm$ desvio padrão, n=3).....	246
TABELA 2 - Caracterização microbiológica da matéria-prima, utilizada na fabricação de sorvetes funcionais simbióticos (n=2)	248
TABELA 3 – Caracterização físico-química dos sorvetes funcionais simbióticos (média $\pm$ desvio padrão, n =3)	249
TABELA 4 - Coeficiente de correlação de Pearson entre matéria-prima e parâmetros físico-químicos	251
TABELA 5 - Valores de overrun (%) obtidos para as diferentes formulações de sorvetes funcionais simbióticos após a etapa de batimento e congelamento (n=2).....	254
TABELA 6 - Comportamento dos sorvetes funcionais simbióticos durante o teste de velocidade de derretimento (g/min, a cada 10 minutos).....	256
TABELA 7 - Características colorimétricas da matéria-prima utilizada na fabricação dos sorvetes funcionais simbióticos (média $\pm$ desvio padrão, n=3).....	260
TABELA 8 - Colorimetria das diferentes formulações de sorvetes funcionais simbióticos (médias $\pm$ desvio padrão, n=3)	261

TABELA 9 - Parâmetros reológicos estimados e fatores estatísticos calculados pelos modelos Newton, Ostwald-De-Waele (Lei de Potência), Bingham e Herschel-Buckley para sorvetes funcionais simbióticos com e sem polpa de cagaita. 263

TABELA 10 - Valores dos parâmetros de textura dos sorvetes funcionais simbióticos (n=11). 266

TABELA 11 - Caracterização microbiológica dos sorvetes funcionais simbióticos (n=2).....275

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AOAC	– Official Methods of Analysis
AGE	– ácido graxo essencial
BSA	– albumina do soro bovino
CLA	– ácido linoleico conjugado
DBO	– demanda bioquímica de oxigênio
DQO	– demanda química de oxigênio
DNA	– ácido desoxirribonucleico
ECA	– enzima conversora de angiotensina
EROS	– espécies reativas de oxigênio
FOS	– frutooligossacarídeo
IGF	– <i>insulin like growth fator</i>
HDL	– lipoproteína de alta densidade
LDL	– lipoproteína de baixa densidade
MGGL	– membrana do glóbulo de gordura do leite
NF-κB	– fator nuclear kappa beta
RTIQ	– Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade
UFC	– unidade formadora de colônia

RESUMO

A inovação tecnológica bioinspirada na fabricação de sorvetes tem impulsionado o mercado de derivados lácteos. Desta forma, aumentar a densidade nutricional e funcionais dos sorvetes, com o uso de soro lácteo, leiteiro, inulina, probiótico e fruto do Cerrado constituem alternativa viável para o setor. Objetivou-se a produção e caracterização físico-química, microbiológica e sensorial de diferentes sorvetes variando as concentrações da relação leite/creme, soro lácteo e leiteiro definidas pelo Delineamento Simplex Centroide, sendo posteriormente adicionado cepa probiótica de *Lactobacillus acidophilus*, inulina e polpa de cagaita (*Eugenia dysenterica*). Foram produzidas, inicialmente, nove amostras de sorvetes funcionais com teores de soro e de leiteiro, variando de 5% a 15%, e relação leite/creme de 70% a 90%, conforme estipulado por Delineamento Simplex Centroide. Todas as formulações apresentaram resultados dentro dos padrões estabelecidos pela legislação vigente. Os sorvetes apresentaram maior teor dos ácidos graxos palmítico, oleico e esteárico. Destacaram-se as formulações com maior concentração dos coprodutos por apresentarem melhor composição nutricional, considerando-se os altos teores de proteína, frações proteicas, lipídeos e lactose. A formulação com maior concentração de soro e leiteiro, bem como as formulações-controle, totalizando seis amostras, foram incrementadas com 0,5% de *Lactobacillus acidophilus*, sendo três amostras com adição de 20% de polpa de cagaita e três amostras sem adição de polpa. Posteriormente, as formulações foram incrementadas com 5% de inulina. Realizou-se as análises físico-químicas, microbiológicas, levantamento de perfil de ácidos graxos, análise descritiva quantitativa, reologia, análise de perfil de textura e microscopia confocal. Todas as formulações apresentaram resultados dentro dos padrões estabelecidos pela legislação vigente. Os sorvetes funcionais probióticos e simbióticos foram categorizados em sorvetes padrão e *premium* em relação ao teor de gordura. As formulações com polpa de cagaita em sua composição, apresentaram maiores valores de acidez, umidade e menor velocidade de derretimento e maior dureza instrumental. Os sorvetes exibiram equivalência em relação à semi-quantificação dos pixels das imagens, obtidas pela análise de microscopia confocal, com a quantificação de lipídeos e proteínas. Sorvetes com adição de polpa apresentaram maior intensidade da cor amarela e aroma cítrico. Todos os sorvetes são categorizados como alimentos probióticos e apresentaram contagem de 8 Log10 UFC/g, sendo ótimos veículos para fornecer cultura probiótica e todos os seus benefícios ao ser consumido.

Palavras-chave: fruto nativo, leiteiro, produtos inovadores, superfoods, sustentabilidade.

ABSTRACT

Bio-inspired technological innovation in ice cream manufacturing has driven the market for dairy products. In this way, increasing the nutritional density and approving ice cream, with the use of whey, buttermilk, inulin, probiotic and fruit from the Cerrado are viable alternative for the sector. The objective was the production and physicochemical, microbiological and sensory characterization of different ice creams, varying those due to the milk/cream ratio, whey and buttermilk defined by the Simplex Centroid Design, and subsequently added a probiotic strain of *Lactobacillus acidophilus*, inulin and cagaita pulp (*Eugenia dysenterica*). Nine ice creams were produced with whey and buttermilk contents, ranging from 5% to 15%, and milk/cream ratio from 70% to 90%, as stipulated by the Simplex Centroid Design. All formulations result within the standards defined by current legislation. Ice creams showed higher content of palmitic, oleic and stearic fatty acids. They stood out as formulations with the highest concentration of co-products for presenting the best nutritional composition, considering the high levels of protein, protein fractions, lipids and lactose. The high concentration of whey and buttermilk concentration, as well as the control formulations, totaling *Lactobacillus acidophilus* six, were increased with 0.5% of, being three with the addition of 20% of cagaita pulp and three without the addition of pulp. Subsequently, all formulations were increased with 5% of inulin. Physical-composition, microbiological, fatty acid profile, quantitative descriptive analysis, rheology, texture profile analysis and confocal microscopy were performed. All formulations result within the standards defined by current legislation. Available probiotic and symbiotic ice creams were categorized into standard and premium ice creams by fat content. Formulations with cagaita pulp presented higher acidity, moisture and lower melting speed and higher instrumental hardness. The ice creams exhibited equivalence in relation to the semiquantification of image pixels, accompanied by confocal microscopy analysis, with the quantification of lipids and proteins. Ice cream with the addition of pulp, presented higher intensity of yellow color and citrus aroma. All ice creams are categorized as probiotic foods and source count $8 \text{ Log}_{10} \text{ CFU / g}$, being great vehicles to provide probiotic culture and all its benefits when consumed.

Keywords: buttermilk, exotic fruit, innovative products, superfoods, sustainability.

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1. INTRODUÇÃO

O aumento da produção de leite e derivados lácteos, no mundo, é um dos parâmetros de busca por alimentos de alto valor nutricional, de valorização da pecuária de diferentes países e do consenso de que o estilo de vida saudável impacta diretamente na saúde da população.

No que tange à produção de alimentos e quanto ao contexto da otimização dos processos de produção, bem como da utilização de recursos anteriormente descartados, como o soro lácteo e leiteiro, destaca-se a inovação tecnológica bioinspirada de produtos potencialmente já nutritivos, como por exemplo os sorvetes.

O mercado de sorvetes tem apresentado crescimento expansivo, movimentando cerca de 65,8 bilhões de dólares em 2020 e tendo a previsão de ter uma taxa de crescimento composta entre 2021 e 2026 de 2,87%¹. Sendo que, há um aumento na demanda por sorvetes *premium* e acredita-se que será um dos principais fatores que vão impulsionar o crescimento do mercado. Especialmente, porque os sorvetes *premium* se tornaram um produto mais atrativo entre os consumidores preocupados com a saúde, devido à presença de ingredientes de alta qualidade e devido às suas características sensoriais¹.

Alinhado à essas mudanças de hábitos da população, as indústrias investem na criação de sorvetes com ingredientes que além de nutritivos, são considerados funcionais, aproveitando para se diferenciar e ter vantagem nesse mercado. De forma que apostam em inovações relacionadas a redução ou ausência de aditivos, mais naturais, com sabores inovadores e que possa conferir benefícios à saúde ao serem consumidos¹.

A maior utilização de soro lácteo e leiteiro, que são coprodutos com alto volume de produção e com constituintes de alto valor biológico, em sorvetes, constitui uma estratégia perspicaz e sensata, visto que agregam valor ao produto em relação aos aspectos nutritivos, funcionais, melhoram os aspectos tecnológicos e ao serem utilizados, conferem ao produto o *status* de sustentável. Além disso, constituem excelentes alternativas para enfrentar a sazonalidade da produção de leite.

O uso de probiótico como o *Lactobacillus acidophilus* e de prebióticos como a inulina em sorvetes não é comercialmente explorado e é uma alternativa a ser aproveitada para que a população tenha acesso à um alimento nutritivo, saboroso e ao

mesmo tempo que estimule o sistema imune de forma direta e indireta², desempenhe a funcionalidade através da modulação da microbiota saudável intestinal e reduza o risco do desenvolvimento de doenças crônicas degenerativas³, sendo considerados inovações tecnológicas na cadeia de alimentos lácteos.

E nesse mercado em transformação, o valor agregado ao produto aumenta ao utilizar frutas cultivadas de forma sustentável como ingrediente, gerando interesse do consumidor não só pelo produto como pela marca. Dentre as frutas cultivadas de forma sustentável, a cagaita (*Eugenia dysenterica*), fruto do Cerrado, merece destaque por apresentar atividade antioxidante, ser fonte de vitamina C, carotenóides e compostos fenólicos além de apresentar baixo valor calórico⁴.

Assim, ressalta-se que o reaproveitamento de coprodutos, alinhados com outros ingredientes denominados funcionais e categorizados como *superfoods* corroboram com o conceito de Saúde Única e com os objetivos da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas que tem o intuito de promover a erradicação da fome e prevenção de qualquer forma de má nutrição, através de uma produção sustentável e gestão adequada para proteger o planeta da degradação além de promover o avanço tecnológico, social e econômico.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Sorvete

Em 200 a.C. na China, um alimento parecido com o sorvete, feito com leite e arroz foi congelado ao ser embalado na neve⁵. E acredita-se que esse alimento foi a primeira base para criação das receitas de sorvetes que conhecemos atualmente.

O Imperador romano Nero já apreciava uma mistura de neve coberta de frutas e sucos, sendo considerado uma sobremesa típica das elites⁶. No entanto, a popularização da receita iniciou com Marco Polo, quando viajou à China e encontrou grande variedade de cremes congelados de frutas e receitas de sorvetes, se assemelhando ao que denominamos como sherbet. Sendo que no século XVI, através do Marco Polo, a receita do sorvete chegou à Itália⁶.

Em 1660, o primeiro café em Paris foi inaugurado por Procopio Coltelli, que disponibilizou ao público um sorvete baseado em leite, creme, manteiga e ovos⁶. No Brasil, a primeira sorveteria criada foi em 1835, sendo que os sorvetes eram produzidos a base de gelo e frutas⁷.

A primeira fábrica de sorvetes abriu em 1851, nos Estados Unidos, produzindo sorvete em larga escala e popularizando o consumo desse alimento pelo mundo⁶. Assim, durante a Segunda Guerra Mundial (1941-1945) o sorvete era popularmente apreciado e fazia parte dos itens essenciais das tropas americanas, sendo inclusive, um alimento utilizado para uma interna competição entre as divisões das Forças Armadas, para manter o ânimo dos soldados^{6,8}. O sorvete era considerado uma arma secreta dos Estados Unidos por proporcionar benefícios psicológicos e emocionais aos soldados, já que era associado ao conforto, ao aconchego do lar, a nostalgia da infância remetendo mesmo que temporariamente a aspectos de segurança e inocência, e além disso era associado a efeitos proporcionados pelo álcool⁸. E em 1945 a marinha americana construiu a primeira sorveteria flutuante para marinheiros no oeste do Pacífico e ao final da guerra a vitória foi comemorada com sorvete⁶.

No Brasil, a escala industrial de sorvetes ocorreu a partir de 1941, fundada no Rio de Janeiro a U.S. Harkson do Brasil, sendo o primeiro lançamento da indústria, que anos depois foi nomeada como Kibon, o conhecido *Eski-bom*, seguido pelo *Chicabon*⁹.

Atualmente, segundo o Regulamento Técnico o para Fixação de Identidade e Qualidade de Gelados Comestíveis, Preparados, Pós para o Preparo e Bases para Gelados Comestíveis¹⁰, gelados comestíveis são produtos alimentícios obtidos a partir de uma emulsão de gorduras e proteínas, com ou sem adição de outros ingredientes e substâncias, ou de uma

mistura de água, açúcares e outros ingredientes e substâncias que tenham sido submetidas ao congelamento, em condições tais que garantam a conservação do produto no estado congelado ou parcialmente congelado, durante a armazenagem, o transporte e a entrega ao consumo.

Os gelados comestíveis são classificados quanto à composição em: sorvetes de creme, sorvetes de leite, sorvetes, sherbets, gelados de frutas ou sorbets, gelados, frozen yoghurt/iogurte/yogur¹⁰.

Sorvetes de creme são os produtos elaborados basicamente com leite e ou derivados lácteos e ou gorduras comestíveis, podendo ser adicionado de outros ingredientes alimentares. Os sorvetes de leite são aqueles que contêm leite e/ou derivados lácteos podendo ser adicionados de outros ingredientes alimentares. Já os sorvetes são produtos elaborados com leite e ou derivados lácteos e/ou outras matérias-primas alimentares e nos quais os teores de gordura e/ou proteína são total ou parcialmente de origem não láctea e podem ainda ser adicionados de outros ingredientes alimentares¹⁰.

Sherbets são sorvetes que contêm uma pequena proporção de gorduras e proteínas, as quais podem ser total ou parcialmente de origem não láctea, podendo ser adicionados de outros ingredientes alimentares. Os gelados de frutas ou Sorbets são produtos elaborados basicamente com polpas, sucos ou pedaços de frutas e açúcares e podem conter outros ingredientes alimentares. E gelados são elaborados basicamente com açúcares, podendo ou não conter polpas, sucos, pedaços de frutas, outras matérias-primas e ingredientes alimentares¹⁰.

Os denominados frozen yoghurt/iogurte/yogur são os produtos obtidos basicamente com leite, submetidos à fermentação láctea através da ação de *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacillus bulgaricus*, ou a partir de yoghurt, iogurte ou yogur com ou sem a adição de outras substâncias alimentícias, sendo posteriormente aerado e congelado¹⁰.

Sendo todos classificados em relação ao processo de fabricação como sorvetes de massa ou cremoso por serem misturas homogêneas ou não de ingredientes alimentares batidas e resfriadas até o congelamento, resultando em massa aerada¹⁰.

Em relação à estrutura, os sorvetes de massa são definidos como um gelado aerado que apresenta no seu estado congelado, uma matriz complexa coloidal composta de glóbulos de gordura, cristais de gelo, bolhas de ar, estruturas de proteína-hidrocolóide e uma matrix contínua não congelada (fase sérica) que consiste em micelas de caseína não adsorvidas em suspensão em uma solução de açúcares, proteínas de soro não adsorvidas, sais e polissacarídeos de alto peso molecular¹¹. Sendo que os glóbulos de gordura podem ser encontrados individualmente distintos criados durante a homogeneização ou como aglomerados formados durante o congelamento (Figura 1)¹¹.

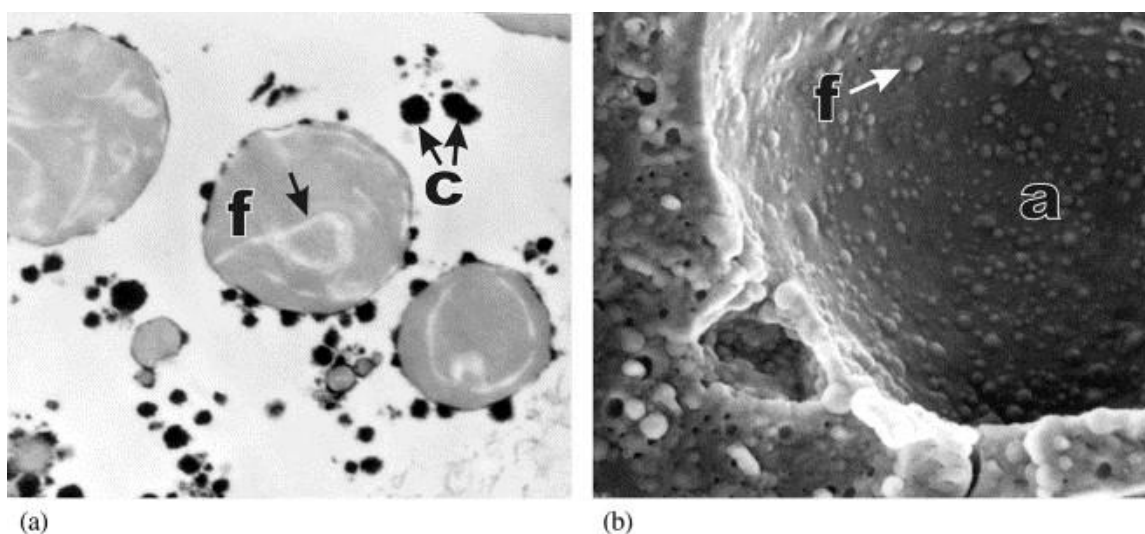


FIGURA 1 - Mistura do sorvete e sorvete após o processo de aeração. (a) foto da estrutura dos componentes da mistura do sorvete por microscopia eletrônica de transmissão; f = glóbulo de gordura com gordura cristalizada, c = micelas de caseína. (b) foto por microscopia eletrônica do sorvete após passar pelo processo de aeração; f = glóbulo de gordura, a = bolha de ar.

Fonte: Goff¹¹.

Os sorvetes contêm basicamente gordura, sólidos não gordurosos, estabilizantes, emulsificantes, adoçantes e água como componentes desejáveis para a produção desse tipo de produto¹².

A utilização de gordura láctea para fabricação de sorvetes é comum na América do Norte e em outras partes do mundo, com exceção de partes da Europa e da Ásia que utilizam preferencialmente gordura de origem vegetal¹³. Por apresentar um ponto fusão amplo, a gordura láctea, em temperaturas de refrigeração, apresenta uma combinação entre gordura líquida e cristalizada dentro do glóbulo de gordura¹³. E a relação entre estas formas é fundamental para a estrutura do sorvete, visto que a gordura cristalizada é essencial para que ocorra a coalescência parcial¹³. Desta forma, a utilização de gordura vegetal para a fabricação de sorvetes, requer cuidados para a obtenção de gordura cristalizada na quantidade adequada.

Em relação aos sólidos não gordurosos, as proteínas são essenciais para o desenvolvimento da estrutura dos sorvetes¹². Atuam sobre a emulsificação da mistura através da sua adsorção aos glóbulos de gordura no processo de homogeneização, sobre o processo de aeração, contribuindo para a formação de espuma e de bolhas de ar¹³. E ainda, proporcionam maior viscosidade ao produto e aumentam o tempo de derretimento devido à sua capacidade de retenção de água¹³. No entanto, a suplementação de proteínas em sorvetes deve ser realizada após estudos, visto que dependendo da fonte proteica a ser utilizada, ocorre alterações estruturais importantes.

Estudo realizado por Daw e Hartel¹⁴ com suplementação de sorvetes com diferentes fontes proteicas (isolado proteico de soro, concentrado de proteína do leite, *procream* – coproduto da fabricação de proteínas de soro - e leite em pó desnatado), elucidou que com o aumento de proteína, têm-se o aumento da viscosidade com exceção da utilização de isolado de proteínas do soro (Figura 2). Além disso, com o aumento do teor proteico, observou-se aumento do tamanho dos cristais de gelo formados, sendo que os sorvetes suplementados com 10% de *procream* obtiveram tamanhos maiores de cristais de gelo quando comparados aos sorvetes suplementados com 10% de isolado de proteínas do soro.

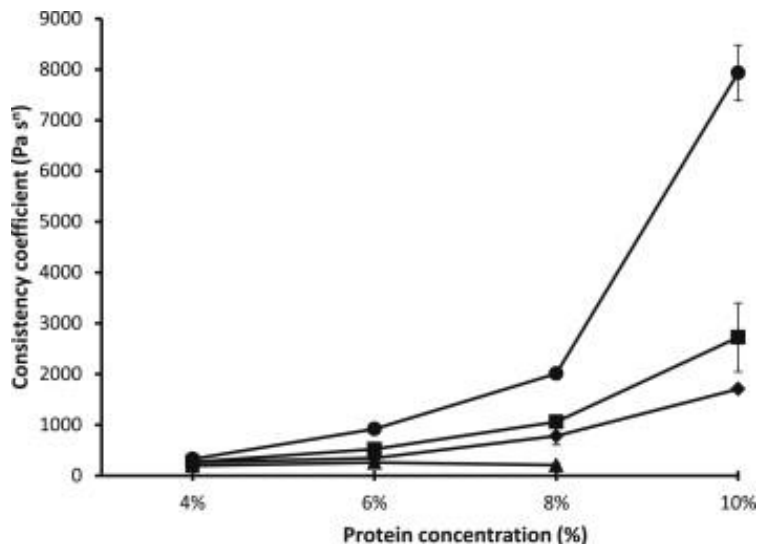


FIGURA 2 – Coeficiente de consistência em sorvetes com aumento da concentração de proteínas.

■ leite em pó desnatado; ◆ concentrado de proteínas do leite; ▲ isolado de proteínas de soro; ● procream. As barras de erro representam os desvios padrões das replicatas.

Fonte: Daw e Hartel¹⁴

Foi possível observar também, que com o aumento do teor proteico ocorreu a diminuição da coalescência parcial entre os glóbulos de gordura nos sorvetes suplementados com isolado proteico de soro, *procream* e concentrado de proteína do leite (Figura 3).

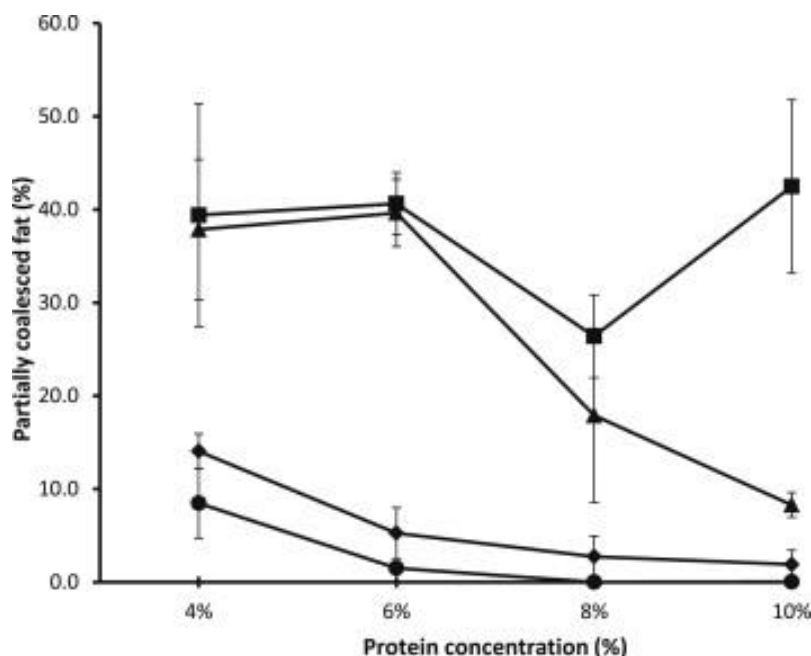


FIGURA 3 – Relação da coalescência parcial em sorvetes com o aumento da concentração de proteínas.

■ leite em pó desnatado; ◆ concentrado de proteínas do leite; ▲ isolado de proteínas de soro; ● procream. As barras de erro representam os desvios padrões das replicatas.

Fonte: Daw e Hartel¹⁴

A utilização de estabilizantes, emulsificantes e adoçantes na fabricação de sorvetes tem o intuito de melhorar a palatabilidade e textura do produto e atuar sobre as propriedades tecnológicas, melhorando a formação e manutenção da estrutura de sorvetes durante o período de armazenamento¹².

Os estabilizantes, como goma guar e goma xantana, são utilizados para aumentar a viscosidade da mistura, melhorar a textura dos sorvetes e retardar ou minimizar o crescimento de cristais de gelo durante o armazenamento, especialmente em períodos de flutuação de temperatura¹⁵.

Os emulsificantes, como o polisorbato 80, melhoram a incorporação de ar, facilitam a moldagem do sorvete, fornecem um corpo e textura mais suave e auxiliam na resistência do produto ao derretimento. Atuam sobre a relação do ar:fase sérica e gordura:fase sérica. Na relação gordura:fase sérica, deslocam as proteínas da superfície dos glóbulos de gordura,

tornando os glóbulos de gordura mais suscetíveis à coalescência parcial e à formação da estrutura dos sorvetes durante o processo de congelamento e aeração¹⁵.

Já os adoçantes, como sacarose, além de favorecer a palatabilidade e realçar sabores do produto, também melhoram a textura dos sorvetes ao atuarem sobre a capacidade de reduzir o ponto de congelamento desses produtos. Assim, auxiliam a formação de pequenos cristais de gelo, imperceptíveis ao limiar de detecção sensorial no momento do consumo¹⁵.

A utilização de prebióticos, como inulina, em sorvetes favorece o aumento da viscosidade da mistura e a redução na taxa de derretimento em função da formação de uma rede coesa de gel que promove a ligação com moléculas de água e colaboram para um aumento da estabilidade do produto. Além disso, atuam na redução do ponto de congelamento por aumentar a concentração de soluto na mistura¹⁶. E consequentemente atuam sobre a dureza dos sorvetes, visto que promovem maior absorção de água e reduzem a formação de cristais de gelo por reduzirem o ponto de congelamento do produto¹⁷.

O processamento de sorvetes é constituído pelas seguintes etapas: preparo da mistura de ingredientes, pasteurização, homogeneização, resfriamento, maturação, congelamento e incorporação de ar, envase e por fim, endurecimento do produto (Figura 4)¹².

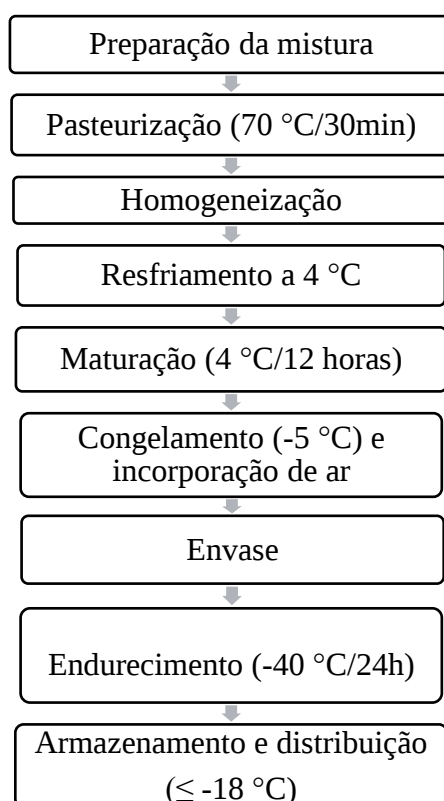


FIGURA 4 – Representação esquemática do processamento de sorvetes de massa
Fonte: Goff¹³

Os sorvetes expressos, no entanto, não apresentam a etapa de maturação e endurecimento. A calda pasteurizada e homogeneizada é armazenada em cubas refrigeradas e quando acionado o sistema na máquina, ocorre o processo de congelamento e incorporação de ar¹⁸. Em decorrência disso, devem ser consumidos imediatamente pois não possuem uma estrutura estabilizada.

A mistura, composta pelos ingredientes básicos, como creme padronizado (10% a 20% do peso da mistura do sorvete), sólidos não gordurosos (11% a 11,5% do peso da mistura do sorvete), estabilizantes (0,2% a 0,4% do peso da mistura do sorvete), emulsificantes (0,3% a 0,5% do peso da mistura do sorvete), adoçantes (10% a 18% do peso da mistura do sorvete) deve ser balanceada para que a estrutura do sorvete tenha uma textura mais leve e macia e a quantidade de incorporação de ar (*overrun*) possa ser calculada¹⁹.

As indústrias de sorvete, variam especialmente o teor de gordura utilizado e consequentemente a quantidade de ar incorporado na mistura sofre alterações¹⁸. Empresas que prezam por uma maior cremosidade, maior palatabilidade do produto, utilizam valores superiores a 12% de creme padronizado nas misturas dos sorvetes e consequentemente agregam maior valor ao produto, sendo considerados sorvetes *premium* (12% a 14% de gordura) a *super premium* ($\geq 14\%$ de gordura)¹⁹.

Primeiramente a mistura passa pela pasteurização por processo contínuo a 80 °C por 25 segundos ou em batelada a 70 °C por 30 minutos para promover a inativação de micro-organismos patogênicos e deteriorantes¹³. Esta etapa é essencial para inativar lipases naturais do leite e prevenir a auto-oxidação durante o período de armazenamento²⁰. Além disso, o controle dessa etapa é fundamental visto que pode ocorrer desnaturação proteica interferindo na textura e palatabilidade do produto e para solubilizar e dispersar todos os ingredientes que compõem a calda.

Em seguida, a mistura passa pelo processo de homogeneização com altas pressões de 15,5-18,9 Mpa¹². Posteriormente, para evitar uma elevada quantidade de *clusters* de homogeneização, que torna a mistura altamente viscosa, realiza-se um segundo estágio de homogeneização com pressões de 3 a 4 Mpa. Assim, obtêm-se glóbulos de gordura menores e mais uniformes, mais estáveis durante o processo de maturação e com melhor capacidade de aeração deixando o produto com uma textura suave, adequada e mais uniforme¹².

A adição de saborizantes, polpas de frutas, amêndoas, nozes e similares, caso seja de interesse da indústria, deve ser realizada após o processo de homogeneização. Em seguida, ocorre a etapa de resfriamento (4 °C) seguida da maturação que ocorre a 2 °C – 4 °C por 4 horas a 12 horas. Nesta etapa, ocorre a hidratação de proteínas e estabilizadores do leite, a

cristalização dos glóbulos de gordura e um rearranjo de membrana, visando uma textura mais suave e um produto de melhor qualidade¹⁹. A proporção adequada entre a gordura líquida e cristalizada deve ocorrer nesse período, permitindo a coalescência parcial e consequentemente um apropriado congelamento e aeração dessa mistura¹².

Após a maturação, ocorre o congelamento e a aeração, normalmente em freezer contínuo refrigerado comumente por amônia¹⁸, que visa a formação de cristais de gelo enquanto o ar é incorporado na mistura. Esses processos devem ocorrer simultaneamente visto que após o congelamento, não há possibilidade de incorporar ar. E um congelamento após a incorporação de ar, leva a uma bateção insuficiente dos glóbulos de gordura, podendo danificar a estrutura da espuma¹².

A textura do sorvete é um dos seus atributos de qualidade mais importante por ser a manifestação sensorial da estrutura¹². Assim, o estabelecimento de uma estrutura ideal para sorvetes é fundamental para a qualidade do produto.

Desta forma, o processo de congelamento e a aeração são as operações mais importantes para o desenvolvimento de qualidade, palatabilidade e rendimento do produto acabado, devido à incorporação de ar que cria a espuma, a formação da fase de gelo, e a desestabilização parcial da emulsão gordura.

A incorporação de ar (*overrun*) para sorvetes padrão varia cerca de 80 a 100%¹⁸ e as bolhas de ar devem ser do tamanho entre 20 a 50 μm ¹².

Nesta etapa, a emulsão da mistura é espumada, criando uma fase dispersa de bolhas de ar, e é congelada, formando outra fase dispersa de cristais de gelo. Além disso, a fase sérica é congelada e a gordura sofre coalescência parcial, resultando em uma rede de gordura aglomerada, envolvendo parcialmente as bolhas de ar a uma estrutura sólida (Figura 5)¹⁵.

A formação da fase de gelo durante o congelamento influencia a estrutura e textura do produto final. A cristalização de água em gelo envolve dois passos principais: nucleação e crescimento de cristais. A nucleação ocorre na parede do trocador de calor e formação e crescimento de cristais de gelo ocorrem em decorrência de uma rápida e contínua agitação das lâminas do equipamento¹¹.

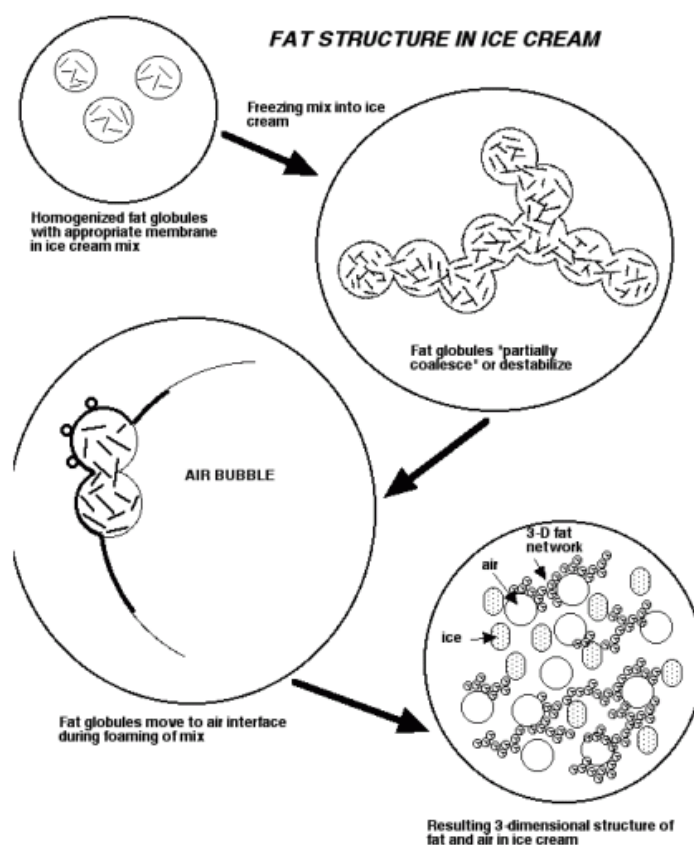


FIGURA 5 - Representação esquemática da modificação estrutural dos glóbulos de gordura durante o processamento do sorvete.

Fonte: Goff¹⁵

No primeiro estágio do congelamento, que ocorre a passagem da mistura através de um trocador de calor, têm-se condições para promover a nucleação extensiva de cristais de gelo e incorporação de ar. E o segundo estágio, que consiste no congelamento rápido do produto sobre ação contínua de agitação, permite a formação de pequenos cristais de gelo. Concomitantemente à formação dos cristais de gelo, ocorre a cristalização da lactose, havendo o equilíbrio entre α e β -lactose que ficam estáveis desde que a temperatura após a cristalização permaneça baixa e constante²¹.

As etapas de congelamento do processo de fabricação e a manutenção da cadeia de frio em todo o sistema subsequente são fatores críticos, visto que o objetivo dos fabricantes de sorvetes é produzir cristais de gelo estejam abaixo do limiar de detecção sensorial no momento do consumo, entre 40 e 50 μm ¹².

Após o congelamento e embalagem do sorvete, a mistura passa pelo processo de endurecimento, com temperaturas inferiores a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, onde a maioria da água restante congela, aumentando a fase de gelo e o tamanho dos cristais já formados. Da mesma forma que o congelamento deve ser rápido para que ocorra a formação de pequenos cristais de gelo, o

processo de endurecimento deve ser rápido. Quando o endurecimento é lento, permite que a água que ainda não foi congelada, migre para centros de cristais já formados, aumentando consideravelmente o tamanho de cristais de gelo¹².

A dureza do sorvete e a capacidade de ser escavado e mastigado em temperatura de congelamento, é influenciada pela temperatura que promove a conversão de água em gelo e uma maior concentração da fase sérica que cerca os cristais de gelo formados¹².

O processo de endurecimento tem a função de ajustar rapidamente a temperatura do sorvete, de modo que retenha a sua forma e lhe dê um prazo de validade suficiente para evitar intensas reações químicas e enzimáticas, bem como manter sua estrutura física²⁰.

É fundamental que o armazenamento e distribuição do produto seja realizado em temperaturas abaixo de -18°C para proteger a estabilidade da estrutura e consequentemente a qualidade dos sorvetes. Temperaturas abaixo de -18°C inibem o crescimento dos cristais formados e consequentemente aumentam o prazo de validade do produto^{22,23}. Isso ocorre devido à uma redução na energia cinética das moléculas de água, em combinação com um aumento na viscosidade da fase sérica à medida que a temperatura é abaixada que retarda o crescimento de cristais de gelo²⁴. Oscilações nas temperaturas de armazenamento e distribuição do produto, provocando choque térmico, podem promover o principal defeito em sorvetes que é o fenômeno denominado de recristalização.

A recristalização é uma combinação de vários mecanismos de cristalização, que ocorre especialmente devido a flutuações na temperatura, ocasionando a fusão dos cristais de gelo e fusão dos cristais de lactose¹³. Ocorre então a diminuição do número de cristais existentes e a formação de novos cristais de tamanhos maiores que são facilmente perceptíveis pelos consumidores no momento do consumo.

A cristalização da lactose provoca uma textura arenosa ao sorvete e em caso de oscilações de temperatura essa textura fica mais evidenciada. Esse defeito, além de poder ser controlado com a manutenção da cadeia do frio, pode ser controlado limitando o teor de sólidos ou promovendo a hidrólise da lactose²¹.

Além disso, com o congelamento, ocorre a desestabilização da membrana do glóbulo de gordura do leite e de todos os complexos lipoproteicos formados e com as oscilações de temperatura e armazenamento incorreto do produto, os danos à membrana do glóbulo de gordura do leite e de todos os complexos lipoproteicos são evidenciados provocando maiores alterações estruturais do produto, como derretimento e formação de cristais de gelo que afetam a percepção sensorial do produto²⁵.

2.2. Gordura do leite

2.2.1. Biossíntese da gordura do leite

Os componentes do leite são formados, em sua maioria, nas células secretoras da glândula mamária da vaca (Figura 6)²⁰, a partir de precursores adquiridos através da digestão do alimento ingerido pelo animal.

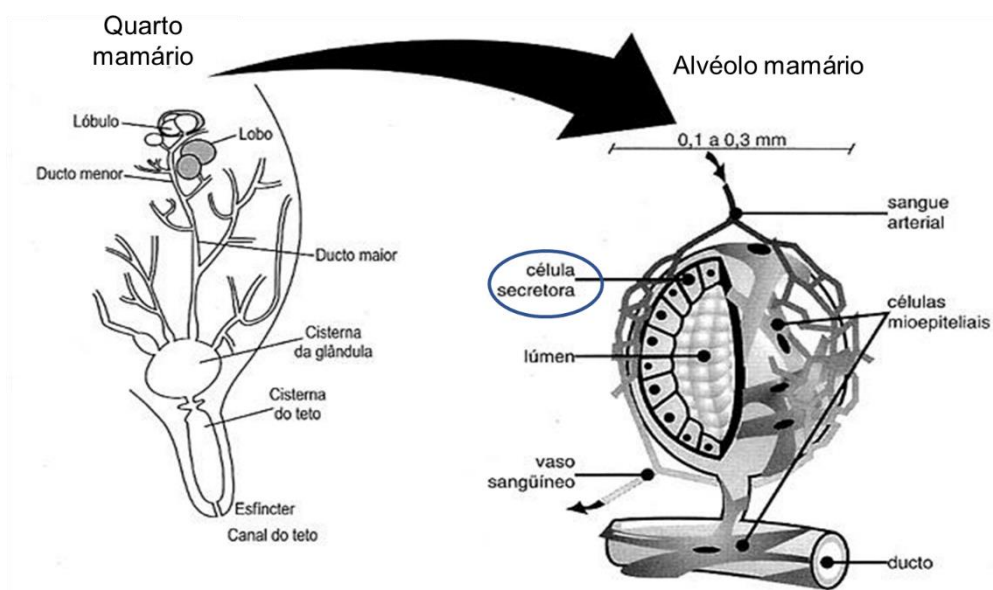


FIGURA 6 - Ilustração da seção longitudinal de um quarto da glândula mamária da vaca (à esquerda) e representação do alvéolo constituído por um arranjo elíptico de células secretoras que envolvem o lúmen.

Fonte: Adaptado de Santos e Fonseca²⁶

A ação de enzimas para promover a digestão do alimento gera a obtenção de componentes simples, solúveis e de baixa massa molecular como monossacarídeos, pequenos peptídeos e aminoácidos, ácidos graxos e monoglicerídeos. Tais componentes são carregados pelo sangue para diversos órgãos, glândulas e células, incluindo a glândula mamária, fornecendo energia e sendo precursores de alguns componentes do leite como proteínas, lipídios e lactose²⁶.

Os precursores são absorvidos através da extremidade basal da célula secretora da glândula mamária, e participam da síntese dos componentes do leite (lactose, proteínas e lipídios) dentro da célula. Após este processo, as moléculas são excretadas para o lúmen do alvéolo a partir da extremidade apical da célula secretora^{27,28}.

A lactose é um dissacarídeo formado pela ligação glicosídica β 1-4 entre as moléculas de galactose e glicose²⁸. A partir do metabolismo do ácido propiônico e de alguns aminoácidos obtidos com a digestão de carboidratos da dieta, ocorre no fígado, o processo de neoglicogênese¹⁸. Nesse processo é formada a glicose, que ao ser absorvida pela célula secretora tem como papel fundamental ser precursora de lactose. Após a absorção da glicose pela célula secretora, ocorre a isomerização de uma molécula de glicose em UDP-galactose através da via de Leloir²⁸. Posteriormente, a UDP-galactose é ligada junto à outra molécula de glicose por meio da enzima lactose sintetase, formando a lactose. Por fim, esse componente do leite é excretado para o lúmen do alvéolo¹⁸.

As proteínas, com exceção da albumina sérica e algumas imunoglobulinas, são formadas a partir da polimerização dos aminoácidos absorvidos que ocorre nos ribossomos fixados no retículo endoplasmático²⁹. Essas moléculas aumentam de tamanho ao serem transportadas para as vesículas do complexo de Golgi, onde também são formadas as micelas de caseína, e posteriormente são excretadas para o lúmen do alvéolo através da extremidade apical da célula secretora^{18,28}.

A gordura do leite, em sua maioria, é formada por triacilglicerídeos, a partir dos ácidos graxos e glicerol²⁷. Os triacilglicerídeos são sintetizados no citoplasma da célula secretora, formando pequenos glóbulos que também aumentam de tamanho e agregam componentes como proteínas e substâncias presentes no citoplasma ao serem transportados para a extremidade apical da célula secretora²⁷. No processo de excreção, os glóbulos de gordura são envolvidos por outra membrana celular, formando a membrana do glóbulo de gordura do leite (MGGL)²⁹.

Apesar de uma considerável variação na composição das membranas, a maioria é composta por 40% de lipídios e 60% de proteínas²⁹. A MGGL apresenta uma diversidade de proteínas, sendo que a xantina oxidase e a butirofilina são as duas principais proteínas presentes na membrana²⁹. Isso ocorre porque a xantina oxidase é distribuída ao longo do citoplasma da célula secretora e na superfície da extremidade apical da célula²⁹. Assim, durante o transporte e excreção do glóbulo de gordura, grande quantidade desta proteína se liga à superfície do glóbulo. No mesmo sentido, a butirofilina, está presente em altas concentrações na superfície da extremidade apical da célula secretora²⁹. Desta forma, no momento que o glóbulo de gordura é excretado para o lúmen do alvéolo, ele é envolto por parte da superfície da extremidade apical da célula secretora, carreando junto a butirofilina que compõe grande parte desta extremidade e consequentemente grande parte da MGGL.

Em relação aos lipídios da MGGL, a maioria é polar e são formados principalmente por quantidades variáveis de fosfolipídios e colesterol²⁹.

2.2.2. Importância nutricional

A gordura do leite constitui a maior fonte de energia desse produto³⁰ e possui uma alta digestibilidade tanto em sua forma natural quanto em sua forma de glóbulos homogeneizados ou em forma de manteiga²⁹. Atua como solvente para vitaminas lipossolúveis (A, D e E) auxiliando na absorção destas pelo organismo. Além disso, é fonte de ácidos graxos essenciais, como ácido linoleico e linolênico, correspondendo a cerca de 2.4% e 0.8%, respectivamente, do total de ácidos graxos²⁹. Sendo que, são precursores de metabólitos e hormônios fundamentais para o funcionamento adequado do organismo²⁹.

A gordura do leite é constituída por ácidos graxos esterificados e ácidos graxos livres. Os ácidos graxos livres estão presentes na gordura do leite em quantidades inferiores a 0,5%²⁸. Já os ácidos graxos esterificados são encontrados na forma de triacilglicerídeos, que representam cerca de 97 a 98% do total de lipídeos no leite, diacilglicerídeos, monoacilglicerídeos, fosfolipídeos e esfingolipídeos³¹.

Os triacilglicerídeos são compostos por diferentes ácidos graxos que variam em relação à quantidade de carbonos e aos níveis de saturação, sendo que a gordura do leite é fonte de ácidos graxos que possuem potencial bioativo e mesmo em pequenas concentrações proporcionam efeitos benéficos³². Desta forma, o consumo de produtos com baixo teor ou isentos de gordura láctea pode limitar o acesso à funcionalidade dessas substâncias³². Alguns ácidos graxos como o ácido butírico (C4:0) e o ácido conjugado linoleico (CLA) estão presentes em quantidades significativas para promover benefícios à saúde humana e a gordura láctea é uma das principais fontes destes³².

O ácido butírico é associado com efeitos benéficos à mucosa intestinal ao ser fonte de energia para as células do epitélio intestinal, auxiliar na homeostasia desse sistema³³, estimular a produção de mucinas³² que são responsáveis por formar a primeira barreira de defesa intestinal contra patógenos e outras substâncias nocivas, e ter ação anticancerígena em células do cólon através da redução do processo inflamatório³⁴ e indução da apoptose dessas células³⁵.

O ácido linoleico conjugado (CLA) apresenta efeito antiaterogênico³⁶ relacionado à redução do colesterol total e da lipoproteína de baixa densidade (LDL), antitumoral sendo um eficiente inibidor dos estágios da carcinogênese através da produção de espécies reativas de oxigênio que provocam a ativação das enzimas caspase-3 e caspase-9³⁷ e consequentemente a

apoptose celular e também associado à sua capacidade antioxidante e através da influência no metabolismo do ácido araquidônico provocando a inibição do fator nuclear kappa beta (NF- κ B) e consequentemente o retardo no desenvolvimento cancerígeno³⁸. Além disso, é relacionado à efeitos benéficos relacionados à diabetes, envolvendo efeitos como a recuperação da sensibilidade à insulina e redução da glicose sérica³⁸; e relacionado à redução da proliferação e diferenciação de pré-adipócitos, aumento da lipólise, alteração nas concentrações de leptina, lipase lipoproteica e carnitina que atuam sobre o metabolismo da gordura, assim o CLA também é associado com mecanismos que atuam contra a obesidade³⁹.

No entanto, a maioria dos ácidos graxos da gordura do leite é composta pelos ácidos graxos saturados mirístico (C14:0), palmítico (C16:0) e esteárico (C18:0), constituindo cerca de 50% do total desses³⁰. E por muitos anos, por ter esse elevado teor de ácidos graxos, a gordura do leite era considerada prejudicial à saúde humana, sendo associada principalmente ao aumento do nível da lipoproteína de baixa densidade (LDL) e consequentemente às doenças cardiovasculares fatais⁴⁰. No entanto, os ácidos graxos C14:0 e C16:0 desempenham papéis importantes nos mecanismos de regulação de direcionamento e função de proteínas e são envolvidos em processos bioquímicos importantes no metabolismo, denominados miristoilação e palmitoilação.

A miristoilação, abrange componentes-chave das vias de sinalização intracelular além de constituir a formação de outras proteínas estruturais, enquanto a palmitoilação facilita as interações proteína-membrana e o movimento intracelular de proteínas⁴¹, mecanismos importantíssimos para funcionamento adequado do organismo. O ácido mirístico (C14:0) tem sido associado ainda, ao aumento da lipoproteína de alta densidade (HDL) e redução nos níveis de triacilglicerídeos⁴². E o ácido esteárico (C18:0) tem demonstrado efeito contrário ao que era associado, promovendo benefícios ou sendo neutro em relação às doenças cardiovasculares⁴³ e apresentando influência sobre a redução do colesterol plasmático.

Em virtude da percepção positiva em relação ao consumo direto e indireto da gordura láctea, através do consumo de leite pasteurizado, iogurte e manteiga esse insumo tem contribuído de forma mais expressiva para o mercado mundial nos últimos anos, especialmente com o aumento da demanda do mercado por manteiga⁴⁴.

Desde o último semestre de 2016, ocorreu um acréscimo no preço dos derivados lácteos especialmente da manteiga, que de janeiro a dezembro de 2016, teve um aumento de cerca de 40% no preço⁴⁵. Isso ocorreu em virtude do aumento do consumo nacional e internacional, provocando uma alta demanda desse derivado e em virtude de uma queda na produção de leite em alguns países como Nova Zelândia, Austrália, União Europeia e

Argentina⁴⁵. A projeção até 2026 desse mercado é que o preço da manteiga continue aumentando em relação aos outros derivados lácteos⁴⁵. Sendo incentivado pela avaliação positiva em relação ao consumo de gordura láctea, pela redução do consumo de produtos processados e pela maior percepção favorável em relação ao sabor e aroma de produtos fabricados com gordura láctea, quando comparados a produtos fabricados com gordura vegetal, como a margarina^{46,47}.

Atualmente, o consumo de manteiga no Brasil é de 86 mil toneladas⁴⁸. E em países desenvolvidos, espera-se um crescimento de consumo de manteiga, em 2026, de 0,35 kg por pessoa e em países em desenvolvimento espera-se o aumento de consumo de 1,3% per capita/por ano⁴⁵. Além disso, a projeção realizada pela FAO⁴⁵ indica aumento na produção de manteiga na União Europeia e nos Estados Unidos de 2,4% por ano e aumento das exportações, fazendo com que a Nova Zelândia tenha participação de 47%, em 2026, sobre a exportação de manteiga no mercado mundial. Os mercados do Oriente Médio, do norte da África, do Egito e da China são considerados os maiores importadores mundiais de manteiga. Sobre esse mercado, até 2026, o Oriente médio e o norte da África, serão responsáveis pela importação de 35% de manteiga, o Egito deve importar cerca de 11% de manteiga e a participação do mercado chinês deve aumentar em cerca de 4,3% por ano, de forma que, até 2026 a sua participação nas importações mundiais sob o mercado da manteiga será de 10% ⁴⁵.

Concomitantemente ao crescimento deste mercado, ocorre o aumento da produção do coproduto da fabricação da manteiga, denominado leitelho, que apresenta um alto potencial econômico no mercado. No período entre 2011 e 2016, a taxa média de crescimento de produção global de leitelho foi de 2% a 3%, e em 2018, os principais produtores de leitelho eram a União Europeia, ocupando 50% da produção mundial e os Estados Unidos com 13% da produção mundial de leitelho⁴⁹. Diante da projeção realizada pela FAO, que indica aumento na produção de manteiga nesses países, espera-se que a União Europeia e os Estados Unidos continuem até 2026 sendo os maiores produtores de leitelho.

Em países desenvolvidos, a avaliação da produção desse coproduto é usual e em 2018, a Dinamarca chegou a ter uma produção de 12 mil toneladas de leitelho, a Finlândia chegou a produzir 46,5 milhões de litros e o Canadá produziu cerca de 1,820 milhão de litros de leitelho⁵⁰. No entanto, nos países em desenvolvimento, por não ser explorado nem de forma direta e nem indireta, a produção e o consumo de leitelho não são usualmente contabilizados.

2.3. Leitelho

2.3.1. Obtenção

O creme de leite é ingrediente obrigatório para a fabricação de manteiga e o mercado mundial abrange diferentes tipos desse produto final, como a manteiga fabricada com creme de leite pasteurizado, manteiga maturada ou não maturada, manteiga salgada e sem sal, manteiga fabricada com creme de leite doce ou creme de leite ácido, manteiga de leite e manteiga cremosa⁵¹. Muitos países determinam os ingredientes da manteiga em legislações específicas, e geralmente incluem, como ingrediente obrigatório o creme pasteurizado proveniente do leite de vaca e como ingredientes opcionais sal e fermentos lácticos selecionados para produção de manteiga salgada e/ou maturada.

O processo de produção da manteiga ocorre comumente através do método de agitação por batelada. Neste método, o creme pasteurizado deve estar na temperatura de 10 – 14 °C para proporcionar a cristalização de parte da gordura presente no glóbulo de gordura^{18,27,29}.

Durante a agitação ocorre a incorporação de ar e por isso inicia-se a formação de grandes bolhas que com o passar da etapa formam uma espuma. O chantilly formado fica mais denso e o tamanho das bolhas diminuem, envolvendo os glóbulos de gordura em uma interface ar/água^{27,29}. Devido à pressão que as bolhas de ar exercem sobre os glóbulos de gordura, as membranas dos glóbulos de gordura do leite (MGGL) se rompem. Assim, ocorre o extravasamento de parte da gordura líquida e inicia-se o processo de coalescência parcial dos glóbulos de gordura^{18,27,29,28}.

À medida que a agitação continua durante a bateção da manteiga, as bolhas de ar permanecem em movimento e maior quantidade de gordura líquida e material de membrana se encontram dispersos. Os glóbulos de gordura começam a se aglomerar e forma-se uma rede de gordura cristalizada, gordura líquida e ar⁴⁻⁶.

A gordura líquida extravasada do glóbulo para o meio, age como aderente, agregando os glóbulos e formando aglomerados que vão aumentando de tamanho devido ao seu encontro durante a turbulência que acontece nesse processo (Figura 7 e Figura 8)^{18,27,29}.

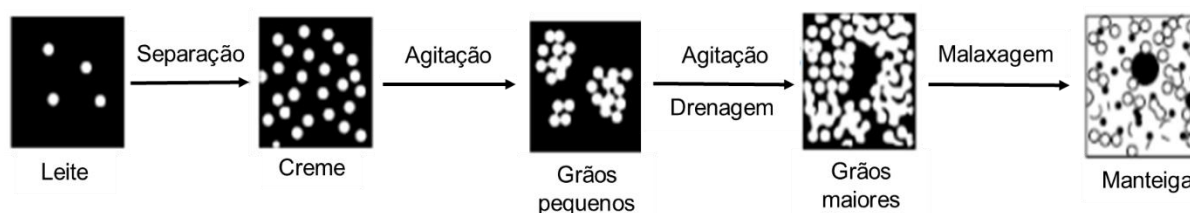


FIGURA 7 - Representação dos estágios da produção de manteiga. A fase aquosa (preto) e a gordura e seus aglomerados (branco).

Fonte: Adaptado de Walstra²⁰.

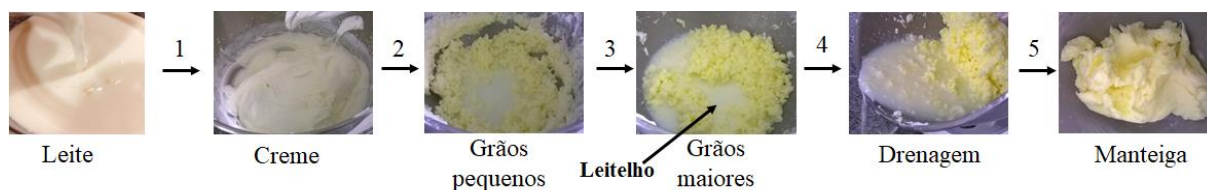


FIGURA 8 - Estágios de produção de manteiga. Etapa 1: separação do creme, etapa 2: agitação, etapa 3: agitação e separação do leitelho, etapa 4: drenagem do leitelho e etapa 5: malaxagem

Fonte: Acervo pessoal, 2018.

Os aglomerados formados durante a agitação formam pequenos grãos de manteiga que se tornam visíveis e simultaneamente acontece a separação do leitelho^{18,52}. Assim, ocorre a inversão de fases, em que a emulsão de óleo em água que caracterizava o creme se transforma em uma emulsão de água em óleo, que caracteriza a manteiga¹¹.

O leitelho é drenado e lavagens com água fria potável são realizadas na massa com o intuito de retirar a máxima quantidade de leitelho deste produto¹⁸. Dependendo do mercado alvo, a manteiga pode passar por mais de uma etapa de lavagem e todo líquido descartado desse processo é considerado leitelho.

Após esta etapa, é feita a malaxagem (*working*), onde os grãos de manteiga são transformados em uma massa homogênea, incorporando a água à massa e controlando o teor de umidade, podendo ser incorporado o sal e o corante nessa etapa²⁷. Posteriormente, a manteiga é destinada para embalagem¹⁸.

2.3.2. Constituintes do leitelho

O leitelho contém resíduos de triglicerídeos e todos os componentes hidrossolúveis do creme, tais como, lactose, minerais (Ca, Mg e P) e o material presente na membrana do glóbulo de gordura⁵⁴. A composição química do leitelho é semelhante à do leite fluido desnatado em relação à quantidade de proteínas, cinzas e lactose^{55,56} (Tabela 1).

TABELA 1 - Composição química mundial, em porcentagem (%), de leite cru, leite desnatado e leite

Produto	Umidade	Matéria seca	Lactose		Proteína		Lipídios totais		Cinzas		Referências
			Produto	Matéria seca	Produto	Matéria seca	Produto	Matéria seca	Produto	Matéria seca	
Leite cru	87.2	12.8	4.9	35.0	3.4	27.0	4.0	32.5	0.70	6.0	Fox ^e McSweeney ²⁹ Rombaut et al. ⁵⁷
Leite desnatado	91.2	8.8	4.4 - 4.7	55.8	3.4 - 3.7	35.9	0.1- 0.2	0.3 -1.5	0.9	8.0	Rombaut et al. ⁵⁷ Rao et al. ⁵⁸ Sodini et al. ⁵⁹ Surel et al. ⁶⁰
Leitelho	88.0 – 92.0	8.0 – 12.0	3.6 - 6.7	48.1 - 57.2	2.4 - 3.5	25.0 - 36.5	0.5 - 1.5	4.6 - 14.5	0.6 - 0.8	5.6 - 8.4	Rombaut et al. ⁵⁷ Rao et al. ⁵⁸ Sodini et al. ⁵⁹ Surel et al. ⁶⁰ Britten et al. ⁶¹ Mistry et al. ⁶² Morin et al. ^{63–66} Astaire et al. ⁶⁷ Govindasamy-Lucey et al. ⁶⁸

Fonte: Adaptado de Vanderghem et al.⁶⁹

No entanto, o leiteiro possui quantidades consideráveis de materiais (fosfolipídios e proteínas) derivados da membrana do glóbulo de gordura do leite (MGGL)^{62,70}. E por isso, apresenta uma quantidade maior de fosfolipídios em relação aos lipídios totais quando comparado a outros produtos lácteos (Tabela 2)⁶. E na MGGL, os fosfolipídeos são classificados como a fração polar dessa membrana.

TABELA 2 - Lipídios totais e quantidades de fosfolipídios em alguns produtos lácteos

Produto	Lipídios totais (% g/mL)	Fosfolipídios (% g/mL)	Fosfolipídios (% g/g) dos lipídios totais
Leite	3 – 5	0,02 – 0,04	0,6 – 1,0
Crema de leite	10 – 50	0,07 – 0,18	0,3 – 0,4
Manteiga	81 – 82	0,14 – 0,25	0,16 – 0,29
Leite desnatado	0,03 -0,1	0,01 – 0,06	17 – 30
Leitelho	2	0,03 – 0,18	10

Fonte: Adaptado de Fox⁶.

a) Fração polar

A fração polar presente na MGGL consiste em esfingolipídios e glicerofosfolipídios. Os esfingolipídios são considerados ingredientes funcionais por apresentarem propriedades regulatórias, funções estruturais e apresentarem eficácia sobre o metabolismo mesmo em concentrações baixas⁷¹. Os esfingolipídios apresentam propriedades quimiopreventivas e quimioterapêuticas, suprimindo, por exemplo, a progressão de adenomas benignos em adenocarcinomas⁷².

As substâncias derivadas do metabolismo enzimático dos esfingolipídios participam da transdução, do crescimento, proliferação, diferenciação e apoptose das células⁷²⁻⁷⁴. Dentre os esfingolipídios presentes na membrana, a esfingomielina é encontrada em maior quantidade, sendo um componente bioativo através de seus

metabólitos como ceramida, esfingosina e esfingosina 1-fosfato. A ceramida e a esfingosina são pró-apoptóticas e anti-mitogênicas, assim, inibem o crescimento ou induzem a apoptose de células com crescimento celular alterado⁷⁵⁻⁷⁷. Já a esfingosina 1-fosfato estimula a mitose e inibe a apoptose celular, participando de mecanismos reguladores do ciclo celular⁷⁸.

Os componentes da MGGL ainda são envolvidos na redução da absorção intestinal de colesterol e conferem proteção contra infecções de bactérias e vírus bem como toxinas bacterianas, porque atuam como sítios de ligação para esses micro-organismos e competem pelos sítios de ligação no intestino^{79,80}, impedindo a primeira etapa da infecção que é a aderência dos patógenos à mucosa intestinal^{81,82}. Além disso, a ingestão de esfingolipídios mostra potencial para o tratamento de diversas síndromes metabólicas como dislipidemia, resistência à insulina, doenças cardiovasculares e neuronais⁸³.

Os glicerofosfolipídios estão envolvidos na recuperação do fígado contra ação de compostos químicos tóxicos, como fármacos, álcool, intoxicação e ainda contra doenças virais agudas ou crônicas⁸⁴. São capazes de proteger a mucosa intestinal contra a ação de compostos tóxicos⁸⁵ e ainda prevenir a necrose da mucosa em casos de enterocolite⁸⁶. Além disso, são fontes de colina, um aminoácido essencial, envolvido na síntese e transmissão de neurotransmissores e no desenvolvimento do cérebro^{87,88}.

b) Fração proteica

A fração proteica da MGGL, contém apenas 1% a 4% da proteína total do leite, porém, apesar da baixa concentração, desempenha papéis importantes em processos celulares e nos mecanismos de defesa do organismo⁸⁹.

As principais proteínas presentes na MGGL são: xantina desidrogenase / oxidase (XDH / XO)^{90,91}, butirofilina (BTN)⁹², mucina 1 (MUC1)⁹⁰, proteína ligante de ácidos graxos (FABP), antígenos de diferenciação 36 (CD36)⁹³⁻⁹⁵, adipofilina (ADPH)⁹², proteose peptona 3 (PP3)⁶¹⁻⁶⁶, ácido periódico de schiff III (PAS III) e ácido periódico de schiff 6/7 (PAS 6/7)¹⁰²⁻¹⁰⁴(Figura 9).

A Xantina oxireductase (XOR) é uma enzima localizada especialmente nas células epiteliais e endoteliais¹⁰⁵ e compreende duas formas, a xantina desidrogenase (XDH) e a xantina oxidase (XO)¹⁰⁶. A XOR, no espaço intracelular das células epiteliais e endoteliais, é transcrita e traduzida, preferencialmente, em XDH que contém quatro

centros redox: cofator Molibdênio (Mo-co), um sítio dinucleótido de flavina e adenina (FAD) e dois sítios ferredoxinas (Fe_2S_2)¹⁰⁷:

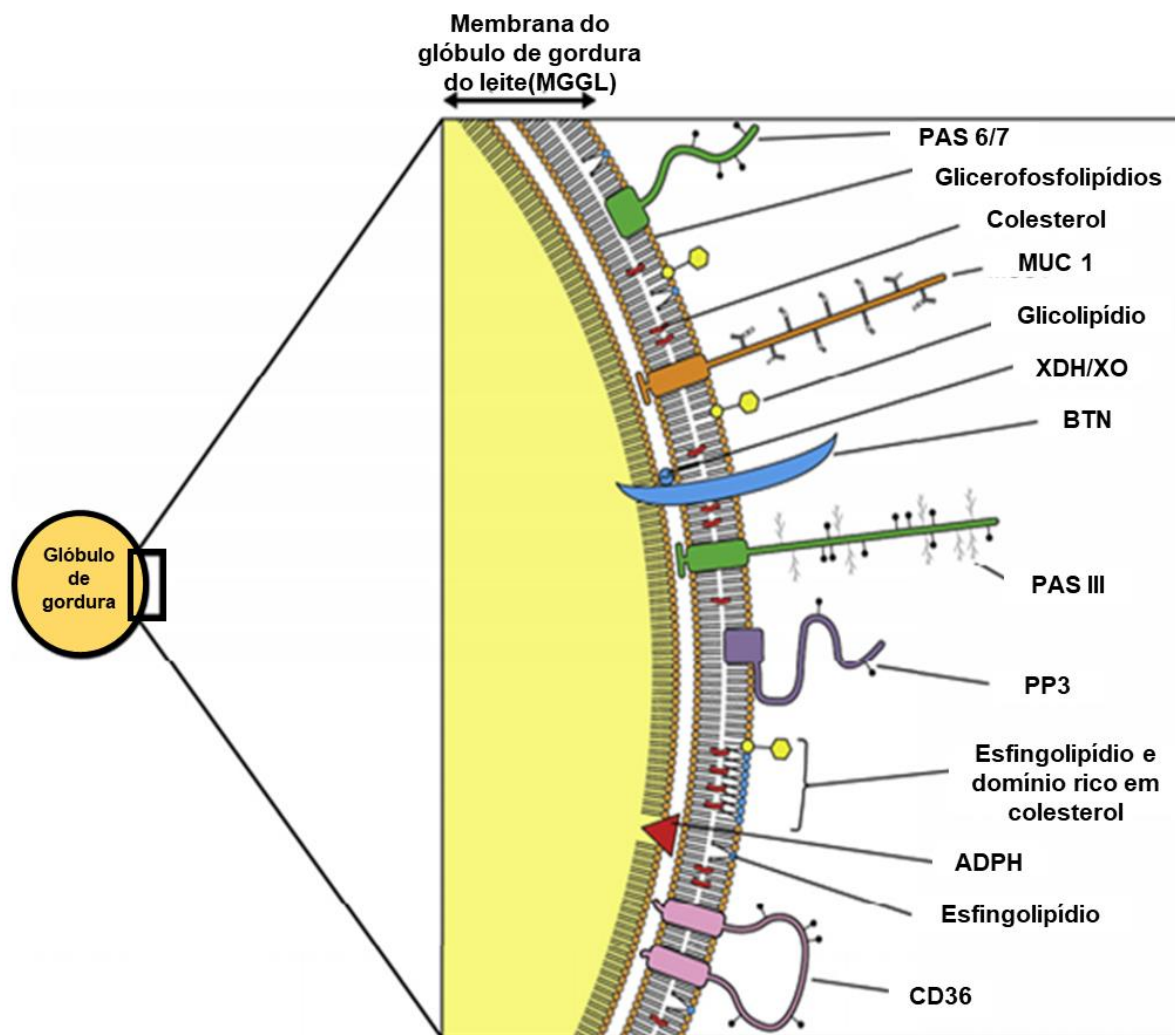


FIGURA 9 - Representação da distribuição dos fosfolípidios e proteínas que constituem a membrana do glóbulo de gordura do leite.

Fonte: Adaptado de Gallier et al¹⁰⁸.

A XDH catalisa a oxidação da hipoxantina em xantina e posteriormente catalisa a reação de xantina em urato. Essas reações desencadeiam o transporte de elétrons para o local do FAD, reduzindo o dinucleótido de nicotinamida e adenina oxidado (NAD^+) em dinucleótido de nicotinamida e adenina reduzido (NADH) e produz peróxido de hidrogênio e superóxido, que são espécies reativas de oxigênio e apresentam função antimicrobiana¹⁰⁵. No espaço extracelular e na circulação, a XO é a forma predominante da XOR¹⁰⁷. A XO desencadeia as mesmas reações que a XDH, no entanto, os elétrons resultantes da oxidação, geram O_2 e H_2O_2 ¹⁰⁹. E atua especialmente no catabolismo de

purinas, pirimidinas, petrina e substratos de aldeído em uma ampla variedade de organismo, desde bactérias até em humanos^{107,110}.

A XO tem sido relacionada a doenças relacionadas à gota^{111–114} pela formação do urato¹¹⁵; a danos a tecidos vivos especialmente fígado e rim^{111–114}, em virtude da formação dos radicais superóxidos¹¹⁶ e por causar doenças arteriais coronárias^{111–114} pela ação das espécies reativas de oxigênio (EROS)¹¹⁶.

Por outro lado, foi relatado que as espécies reativas de oxigênio (EROS) derivadas da XO, são essenciais para ativação de macrófagos murinos via receptor do tipo Toll 4 (TLR-4) induzido por fator de células T ativadas (NFAT)¹¹⁷. Sendo ainda, capazes de catalisar a redução de nitrito inorgânico para o óxido nítrico e na presença de oxigênio para peroxinitrito, sendo que ambos os compostos mostram propriedades bactericidas^{105,113}.

A Butirofilina apresenta uma estrutura homóloga à família B7, que constituem moléculas coestimuladoras das células T¹¹⁸. A família B7 atua na ativação e inibição das células T e por isso são marcadores terapêuticos promissores. As proteínas B7/1 e B7/2 são capazes de se ligar aos receptores CD28 (cluster de diferenciação 28) e CTLA4 (linfócito T citotóxico associado 4) e dependendo da associação com os receptores iniciam estímulos ou inibições das respostas das células T¹¹⁸.

Assim, a família Butirofilina, por conter os domínios extracelulares Ig semelhantes¹¹⁸ à da família B7, é também relacionada às imunoglobulinas. Em virtude desses domínios extracelulares, essas proteínas apresentam função na regulação das respostas das células T. Desencadeiam repostas coestimulatórias positivas, ao se ligarem ao receptor CD28^{119,120}, ou negativas pela interação com o receptor CTLA4¹²¹. Desta forma, a ligação com os receptores das células T pode estimular ou inibir a ativação dessas células, bem como a proliferação e/ou produção de citocinas¹¹⁸.

As mucinas pertencem à família das glicoproteínas, sendo componentes principais do muco¹²², uma secreção viscoelástica envolvida com a lubrificação dos epitélios do trato respiratório, gastrointestinal e urogenital¹²³. O muco atua como barreira contra a entrada de patógenos e substâncias nocivas ao epitélio pela presença de mucinas que contêm agentes antimicrobianos como histamina e estatina¹²². Assim, desempenham função importante na resposta imune inata¹²⁴. Além disso, o muco promove a adesão de compostos biologicamente ativos e de imunoglobulinas, auxiliando na cicatrização de células epiteliais danificadas¹²⁵. A MUC1, identificada na MGGL, é classificada como uma mucina transmembrana do tipo 1, é expressa em nível basal nas células epiteliais¹²⁶.

Nos humanos, está naturalmente distribuída nos olhos, epitélio do ouvido médio, na mama, trato respiratório, esôfago, estômago, vesícula biliar, colo do útero, pâncreas, cólon, duodeno, rins, células B e células T¹²⁷⁻¹³⁵. Contribui para a homeostase e sobrevivência de células em diferentes condições¹²². Ainda, pode ser utilizada como marcador para diagnóstico de doenças, visto que as MUC1 têm sua expressão aumentada em doenças como linfomas, mieloma múltiplo, leucemia mieloide¹²², cânceres de pulmão¹³⁶, ovariano¹³⁷, colorretal¹³⁸, do pâncreas¹³⁹ e de mama¹⁴⁰.

A proteína ligante de ácidos graxos (FABP), encontrada em vários tecidos¹⁴¹, apresenta baixo peso molecular e é membro da superfamília de proteínas ligantes a lipídios¹⁴². São capazes de se ligar a ácidos graxos de cadeia longa saturados ou insaturados e a outros ligantes hidrofóbicos (eicosanóides, monoacilgliceróis, endocanabinóides)¹⁴³⁻¹⁴⁵. Desempenham função importante no transporte de ácidos graxos para organelas como mitocôndrias, peroxissomo, retículo endoplasmático e núcleo com a finalidade de obter respostas biológicas e transcrição de genes relacionados a lipídios através da ligação com receptores nucleares hormonais^{143,146}. Modulam o metabolismo e o armazenamento de ácidos graxos^{147,148} e podem ser usados como marcadores tumorais em casos de carcinomas renais, de bexiga e de próstata por apresentarem uma expressão aumentada nesses casos^{149,150}. As FABPs não são específicas para um tecido ou célula, desta forma um mesmo tecido pode apresentar diferentes tipos de FABPs¹⁵¹. E têm uma expressão mais significativa em tecidos que apresentam metabolismo de lipídios como fígado, intestino, íleo, coração, adipócitos, epiderme, cérebro, mielina e testículos¹⁵².

A glicoproteína CD36, expressa em diferentes tipos celulares como adipócitos, macrófagos e células endoteliais¹⁵³ é considerada um imuno-metabólito com diferentes ligantes¹⁵⁴. Atua sobre o metabolismo de lipídios¹⁵⁵, ligando-se a ácidos graxos e promovendo o transporte desses constituintes¹⁵⁶⁻¹⁵⁸. É capaz de influenciar tanto no armazenamento quanto na utilização dos ácidos graxos pelo organismo¹⁵⁹. A CD36 também contribui para a captação de frações lipídicas como lipoproteína de baixa densidade (LDL) oxidada, associada ao acúmulo de colesterol em placas ateroscleróticas¹⁶⁰, e na depuração de células apoptóticas^{161,162}. Além disso, auxilia na resposta imune inata, ao funcionar como receptor para lipídios associados a patógenos, desencadeando uma inflamação aguda e a resolução da mesma^{161,163}.

A adipofilina (ADPH), apresenta múltiplos domínios funcionais com destaque para três principais: domínio N-terminal (PAT-1), região helicoidal 11-mer e o

domínio C-terminal¹⁶⁴. Sendo que os terminais N- e C- são estruturalmente independentes¹⁶⁴. O domínio N-terminal tem a função de estabilizar os triacilglicerídeos e está envolvido na formação dos glóbulos de gordura. A região helicoidal 11-mer, localizada na metade do domínio N-terminal, tem a finalidade de se ligar aos glóbulos de gordura citoplasmáticos e assim auxiliar no transporte dos triacilglicerídeos, visto que o domínio N-terminal sozinho não é capaz de realizar esta ligação^{165,166}.

O domínio C-terminal, também denominado de domínio quatro hélices, é responsável por mediar a ligação dos ácidos graxos com as membranas celulares e assim, permitir a absorção destes componentes. Acredita-se também que esse domínio poderia mediar a secreção dos glóbulos de gordura¹⁶⁷. Desta forma, a ADPH atua promovendo a secreção, transporte e absorção de ácidos graxos¹⁶⁸.

A proteose peptona 3 (PP3) é uma fração proteica complexa e apesar de seu papel biológico não ser bem elucidado, sabe-se que esta proteína apresenta funcionalidades tecnológicas interessantes²⁹. A PP3 apresenta propriedades emulsificantes em produtos lácteos como sorvete e creme de leite^{169,170} e propriedade surfactante ao impedir o contato da lipase láctea e seus substratos e consequentemente, impedir a lipólise espontânea²⁹.

O ácido periódico de schiff III (PAS III) também denominado de MUC15¹⁰⁸, está relacionado à ação antiviral¹⁰⁸ por desempenhar funções interligadas com a produção de muco, assim como as demais mucinas já citadas¹²². No entanto, pesquisas demonstraram que esta glicoproteína expressou-se de forma exacerbada em pacientes com melanoma metastático¹⁷¹ além de estar relacionada também ao carcinoma papilífero de tireoide¹²³, podendo possivelmente ser utilizada como marcador prognóstico destas doenças¹²³. No entanto, trata-se de uma glicoproteína que precisa ser mais explorada cientificamente para que o seu mecanismo de ação seja melhor elucidado.

O ácido periódico de schiff 6/7 (PAS 6/7) também denominado de lactaderina¹⁰⁸ é uma glicoproteína que apresenta duas variantes: a lactaderina humana e a lactaderina bovina. A lactaderina bovina é a que compõe a MGGL e é secretada no leite pelas células epiteliais mamárias de humanos, vacas ou ratas.

A sequência de proteínas da lactaderina bovina contém 47 aminoácidos e ocorre em duas variantes de glicosilação: PAS 6 e PAS 7. Ambas apresentam o núcleo polipeptídico comum¹⁷². É composta por quatro domínios principais¹⁷³ que conferem à ela a importância em contribuir com uma variedade de interações celulares e desempenhar papel importante em muitos processos fisiológicos e patológicos¹⁷⁴⁻¹⁷⁷.

Dentre suas funções mais importantes, a lactaderina atua na fagocitose, como uma opsonina que promove a marcação de células apoptóticas. As moléculas de lactaderina formam uma ponte de ligação entre a fosfatidilserina, presente na membrana das células apoptóticas, e a integrina $\alpha V\beta 3$, presente nos fagócitos que permite a absorção da partícula pelo macrófago^{174,178,179}.

Além disso, esta proteína atua na patogênese da aterosclerose, na angiogênese, na proteção contra vírus, pode facilitar a neoangiogênese e modular a função como uma proteína de adesão celular na conexão dos músculos lisos às fibras nas artérias^{174-177,180}.

Em síntese, os constituintes do leiteiro estão associados a efeitos benéficos relacionados com a secreção, transporte e absorção de ácidos graxos relacionados com a redução de doenças cardiovasculares e neuronais. Além disso, auxiliam o organismo na proteção contra microrganismos através do estímulo a resposta imune inata e na produção de muco.

2.3.3. Aplicações tecnológicas do leiteiro

O uso do leiteiro, em larga escala, em sistemas alimentícios e especialmente em derivados lácteos, ainda não é tão explorado, apesar de ser usual em alguns países desenvolvidos. Em países como Finlândia e Estados Unidos, o consumo per capita anual de leiteiro, é aproximadamente entre 8 kg e 6.35 kg, respectivamente¹⁸¹. Já em países em desenvolvimento o conhecimento sobre o que é leiteiro bem como a sua capacidade nutritiva, tecnológica e funcional ainda é escassa, sendo por vezes, descartado de forma incorreta.

O leiteiro apresenta uma Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) de 80,45 g/L¹⁸², sendo considerado altamente poluente e apresenta potencial poluidor superior ao soro lácteo (DBO de 27 a 60 g/L)¹⁸³. De forma que, o descarte incorreto desse produto é oposto ao ideal do crescimento sustentável do ambiente, da economia e do social. E a sua utilização visando melhoria nos aspectos tecnológico, nutritivos e funcionais do produto, estabelece forte relação com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável proposto pela Agenda 2030 e com o conceito de saúde única.

Comumente, o maior uso do leiteiro em sistemas alimentícios está relacionado à tecnologia de produção, por ser considerado um eficiente emulsificante natural¹⁸⁴. Isto ocorre, em especial, pela presença dos fosfolípidios na MGGL que

apresentam uma parte hidrofílica que interage com a fase aquosa e uma parte lipofílica que permite a interação com a fase oleosa. Desta forma, tem sido explorado para substituir o uso de emulsificantes comerciais como a lecitina¹⁸⁵.

A sua maior aplicabilidade tem sido relacionada a derivados lácteos como iogurtes e queijos. Em relação a iogurtes, o uso do leiteiro diminui a sinérese do produto por aumentar a capacidade de retenção de água na estrutura tridimensional do gel formado na fabricação deste produto. Consequentemente, melhora a textura e a estabilidade do produto¹⁸⁶⁻¹⁸⁸.

A utilização do leiteiro em queijos processados¹⁸⁹ promoveu a melhoria nas características sensoriais, redução na capacidade de fusão dos queijos, aumento no rendimento e na firmeza. Em queijos cheddar¹⁹⁰⁻¹⁹², a adição de 30% de leiteiro, originou um queijo mais macio, com maiores quantidades de ácidos graxos livres, maior quantidade de compostos voláteis e diferenças sensoriais significativas e positivas.

Em queijo mussarela^{190,191}, a adição de leiteiro proporcionou a obtenção de queijos mais macios. Em queijo Quark¹⁹³ promoveu boa aceitação sensorial, influência positiva sobre a dureza e adesividade dos queijos. Já com utilização de 20 a 25% de leiteiro no cream-cheese¹⁹⁴ além da boa aceitação sensorial, obteve-se um maior rendimento, características organolépticas melhores dos produtos além de promover a obtenção de queijos mais macios, prevenir sinérese da massa e reduzir a capacidade de fusão de queijos processados durante o período de estocagem.

Essas utilizações do leiteiro, permitem aumentar o período de exposição desses produtos nas gôndolas dos mercados ao minimizar defeitos sensoriais e físicos, como a sinérese, permitindo um maior retorno financeiro do produto. Além disso, fortalece a visibilidade da marca e dos produtos pelo valor agregado relacionado ao aspecto sustentável e funcional da utilização desse coproduto.

Apesar de ser mais utilizado em derivados lácteos, o leiteiro tem sido aproveitado na fabricação da massa de pães melhorando a textura deste produto¹⁹⁵, na fabricação de molhos para saladas e de chocolates¹⁹⁶.

Além de atuar como emulsificante, o leiteiro pode ser utilizado na microencapsulação de compostos bioativos, como óleo de ômega-3, e proporcionar adequadamente a absorção destes compostos¹⁹⁷.

Assim, a fração proteica e a fração polar da MGGL apresentam características funcionais e tecnológicas que proporcionam ao leiteiro a oportunidade de ser melhor explorado cientificamente.

2.4. Soro lácteo

Soro de leite é o coproduto líquido obtido a partir da coagulação do leite ou caseína, podendo ser classificado em soro de leite ácido ou soro de leite doce, dependendo da sua acidez¹⁹⁸. O soro de leite ácido é obtido, principalmente, a partir da coagulação por acidificação e apresenta pH inferior a 6,0¹⁹⁸ e soro de leite doce é obtido principalmente, através de coagulação enzimática, apresenta pH entre 6,0 e 6,8 contém resquícios de enzimas e culturas *starter* que são adicionadas durante a fabricação de queijos, além do fragmento caseinomacropeptídeo (CMP), decorrente da ação da k-caseína¹⁹⁹. O soro doce normalmente é mais explorado e valorizado pela densidade nutricional e tecnológica sendo utilizado na panificação, sobremesas e em derivados lácteos como sorvetes e bebidas lácteas. E soro ácido é utilizado na fabricação de produtos fermentados, cultivo de microorganismos e produção de biocombustíveis²⁰⁰.

O soro doce apresenta cor amarela e contém cerca de 94% de água. Aproximadamente 50% dos sólidos totais presentes no leite, fazem parte da composição do soro²⁰¹, sendo que destes, a lactose é o constituinte com maior quantidade, correspondendo a 4,3%, seguida de 0,8% de proteínas do soro, 0,55% de minerais e 0,4% de lipídios^{11,12}. A principal funcionalidade está relacionada às proteínas do soro, sendo que destas, cerca de 50% correspondem à β -lactoglobulina, 25% de α -lactoalbumina e 25% correspondem a outras frações proteicas como albumina do soro bovino (BSA), imunoglobulinas, caseinomacropeptídeos, glicomacropeptídeos, lactoferrina, lactoperoxidase, fatores de crescimento *Insulin like growth fator* (IGF)-1 e (IGF)-2 e outros constituintes menores (Quadro 1)²⁰².

A β -lactoglobulina é um importante constituinte e está em maior quantidade no soro²⁰³. Apresenta médio peso molecular e elevado teor de aminoácidos essenciais, especialmente de leucina relacionada à atividade anabólica dos músculos e reduz o risco de perda progressiva de massa muscular, força muscular e desempenho físico²⁰². Promove estimulação da lipase²⁰⁴ e por ser resistente à proteólise se torna uma importante carreadora de retinol e ácidos graxos ao se ligar a eles e evitar que ocorra a oxidação desses componentes no estômago, permitindo que sejam absorvidos no intestino²⁰².

Em temperaturas entre 70 a 75 °C, ocorre a desnaturação da β -lactoglobulina e em temperaturas entre 78 a 82 °C, essa proteína forma agregados²⁰². E essa característica tecnológica, atrai a atenção de indústrias para exploração desse constituinte na formação de géis e como emulsificante²⁰³. Os isolados proteicos de soro (WPI), por exemplo,

apresentam alta quantidade de β -lactoglobulina e se destacam em relação a concentrado proteico de soro (WPC) nas propriedades de gelificação, viscosidade e estabilidade da emulsão²⁰³.

Quadro 1 - Composição e funcionalidade dos constituintes do soro doce

Componente	Concentração	Bioatividade
β -lactoglobulina ²⁰⁵	3.5 g/L	Absorção e metabolismo de substâncias lipofílicas
α -lactalbumina ²⁰⁵	1.2 g/L	Anti-carcinogênico e antimicrobiano
Imunoglobulina ²⁰⁵	0.7 g/L	Imunomodulador
Albumina do soro bovino ²⁰⁵	0.4 g/L	Nutricional
Lactoferrina ²⁰⁵	0.02–0.35 g/L	Antimicrobiano
Lactoperoxidase ²⁰⁵	0.01–0.03 g/L	Antimicrobiano
Lisozima ²⁰⁵	0.13– 0.32 mg/L	Antimicrobiano
Glicomacropéptidos ²⁰⁴	1.2 g/L	Antimicrobiano e prebiótico
Proteose peptona (3, 5, 8) ²⁰⁶	0.63 g/L	ND
Osteopontin	NA	Imunomodulador
Peptídeos ²⁰⁶	19.7 mg/L	Antihipertensivo, antitrombótico, Antimicrobiano
Lactose ²⁰⁵	45–60 g/L	Facilitar a absorção de minerais, prebióticos
Oligosacarídeos ¹⁹⁹	50–100 mg/L	Probiótico
Lipídeos ²⁰⁵	0.6–5 g/L	Fonte de energia
Fosfolipídeos ²⁰⁷	0.9 g/L	Antibacteriano, desenvolvimento neuronal
Minerais ²⁰⁵	8–10 g/L	–
Sódio ²⁰⁸	390–485 mg/L	ND
Potássio ²⁰⁸	1570– 1650 mg/L	Mineralização óssea, metabolismo energético
Magnésio ²⁰⁸	63–78 mg/L	Ativador enzimático
Cálcio ²⁰⁸	237–560 mg/L	Mineralização óssea
Vitaminas ²⁰⁹	7.5 mg/L	Antioxidante, co-fator enzimático
Ácido láctico ²⁰⁵	0.5–9 g/L	ND

Ácido cítrico ²¹⁰	1.04–58 µg/L	ND
Fatores de crescimento ²¹¹	0.3 pg/L	Desenvolvimento e funcionamento de órgãos
Ureia ²⁰⁶	87.8 mg/L	ND
Ácido úrico ²⁰⁶	4.8 mg/L	ND
Amônia ²⁰⁶	5.4 mg/L	ND
Colina ²¹²	892–1415 µg/L	Síntese de fosfolipídeos
Creatina ²¹²	543–761 µg/L	ND
Creatinina ²¹²	72.9–115 µg/L	ND
Fosfocreatina ²¹²	2–5 µg/L	ND
α-amino ácidos ²⁰⁶	27.4 mg/L	ND
Acetil ornitina	1.4–2 µg/L	ND
Componente	Concentração	Bioatividade
Carnosina ²¹²	90 µg/L	Antioxidante
Diacetil espermina ²¹²	10 µg/L	ND
Dimetil arginina ²¹²	12–930 µg/L	ND
Dopamina ²¹²	12 µg/L	Neurotransmissão e neuromodulação
Putrescina ²¹²	52 µg/L	ND
Espermidina ²¹²	43 µg/L	ND
Espermina ²¹²	162 µg/L	ND
N-óxido de trimetilamina ²¹²	250 µg/L	ND

Fonte: Adaptado de Tsermoula et al.²⁰² ND = não detectado.

Ramos et al.²⁰⁵, Deeth and Bansal²⁰⁴, Modler²⁰⁶, Oliveira et al.¹⁹⁹, Zhu & Damodaran²⁰⁷, Cataldi, Angelotti, D'Erchia, Altieri, & Di Renzo²⁰⁸, de Wit²⁰⁹, Mullin and Emmons²¹⁰, Gauthier, Pouliot, and Maubois²¹¹, Magan et al.²¹².

A β-lactoglobulina apresenta funcionalidade de forma indireta a partir dos peptídeos derivados da sua digestão. Está relacionada à ação inibitória da enzima convertora de angiotensina, auxiliando no controle da hipertensão, à ação antibacteriana e antiviral, inibindo efeitos do HIV-1, HIV-2, herpes 1 e herpes 2 e *Chlamydia trachomatis*; à inibição da adesão de patógenos prevenindo a colonização e à atividade anticarcinogênica²¹³.

A α-lactoalbumina é a segunda proteína em maior concentração no soro lácteo²¹⁴. Sendo facilmente e rapidamente digerida em virtude do seu peso molecular.

Apresenta alto teor de aminoácidos essenciais, representando 63,2% do total de aminoácidos que possui²⁰⁴. Destacam-se a treonina, lisina, cistina e o triptofano, relacionado com a síntese de serotonina que é um importante neurotransmissor, envolvido em processos bioquímicos do metabolismo²¹⁵. Apresenta alta afinidade por íons metálicos, favorecendo a absorção de minerais como cálcio e zinco, além de estudos evidenciarem sua ação antimicrobiana contra *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* e *Klebsiella pneumoniae*²¹⁶.

A α -lactoalbumina ainda está associada à lactose sintetase, a enzima responsável por catalisar a última etapa da biossíntese da lactose²⁰².

A albumina do soro bovino se destaca por apresentar cerca de 6% de cisteína, um aminoácido essencial, precursor de glutatona que apresenta ação antioxidante²¹⁷.

As imunoglobulinas correspondem a cerca de 10% do total de proteínas do soro²⁰⁴. É desconhecido se as imunoglobulinas conseguem manter sua atividade imunoreguladora e antimicrobiana no soro, sendo mais associada a aspectos nutricionais do soro²⁰².

Já o caseinomacropeptídeo apresenta propriedades nutricionais e propriedades tecnológicas como emulsificante e como estabilizante da desnaturação e agregação de outras proteínas do soro durante o aquecimento²⁰². E o glicomacropeptídeo apresenta, assim como a β -lactoglobulina, alto teor de aminoácidos essenciais, além disso, por possuir alta carga negativa, favorece a absorção de minerais pelo intestino²¹⁴.

A lactoferrina é associada a efeitos bacteriostáticos, antivirais, anti-inflamatório, imunomoduladores e anticarcinogênico²⁰². E de forma similar, a lactoperoxidase apresenta propriedades antibacterianas e desempenha um importante papel na defesa do hospedeiro, protegendo o organismo contra invasão de micro-organismos²⁰². Os fatores de crescimento (IGF)-1 e (IGF)-2 são envolvidos no crescimento celular e nos processos de reparação de tecido²¹⁸.

De modo geral, estudos têm evidenciado a ação do soro lácteo sobre o anabolismo muscular, pela ação da leucina na síntese de proteínas e também sobre o controle da hipertensão, através de peptídeos como as lactocininas que inibem a ação da enzima conversora de angiotensina (ECA), responsável por catalisar a formação da angiotensina II e inibe a ação da bradicinina, inibindo a vasodilatação e favorecendo a vasoconstrição^{219,220}. Os constituintes do soro também atuam sobre a redução da gordura corporal, em virtude da alta concentração de cálcio, e o aumento do cálcio dietético reduz as concentrações principalmente do 1,25 hidroxicolecalciferol (1,25(OH)2D), um

hormônio calcitrópico que em altas concentrações estimula a transferência de cálcio para os adipócitos. Nos adipócitos, ocorre a lipogênese e a redução da lipólise. Assim, a supressão dos hormônios calcitrópicos mediada pelo cálcio dietético, pode reduzir o acúmulo de gordura nos tecidos adiposos²²¹. Além disso, as sub-frações das proteínas do soro como beta-microglobulinas, lactolina e lactofano apresentam propriedades antimicrobianas e antivirais importantes²²². De forma que, o soro lácteo é um coproduto completo com propriedades biológicas e funcionais em virtude da sua fração proteica que apresenta peptídeos bioativos.

Caso o soro lácteo não seja reaproveitado pela indústria, deve ser realizado seu tratamento antes de ser descartado no ambiente. O controle e tratamento do soro lácteo, contemplam pelo menos três etapas: tratamento preliminar, tratamento primário e tratamento secundário, a fim de reduzir a matéria orgânica desse coproduto. O tratamento preliminar visa a separação de sólidos grosseiros a partir de operações físicas; o tratamento primário tem o intuito de reduzir a concentração de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) removendo sólidos em suspensão e gordura; e o tratamento secundário é responsável por estabilizar a matéria orgânica através de processos biológicos²⁹.

Todavia, o descarte incorreto do soro no meio ambiente é comum, visto que, esse tratamento demanda tempo e recurso financeiro e nem todas as indústrias investem nessa área. No entanto, esse coproduto gera modificações no meio ambiente como aumento do consumo de oxigênio, indisponibilizando oxigênio para a fauna e flora do ambiente, alterações do pH do meio, acúmulo de gorduras, resultando em poluição das fontes de água, comprometimento do solo e alteração na dinâmica fauna-flora presente no local²²³.

A alta concentração de matéria orgânica, em especial da lactose, faz com que o soro apresente elevada DBO. Isso ocorre porque os micro-organismos consomem grande quantidade de oxigênio ao realizarem a biodegradação da matéria orgânica, de forma que prejudica e/ou inviabiliza a sobrevivência e o equilíbrio da flora e fauna no ambiente. Assim, a DBO é um indicador que determina a quantidade de oxigênio (g/L) requerida pelos micro-organismos para estabilizar a matéria orgânica biodegradável. E a demanda química de oxigênio (DQO) é outro parâmetro que indica a quantidade de oxigênio consumido para oxidar a matéria orgânica, biodegradável ou não²²⁴. O soro apresenta DBO entre 27 a 60 g de O₂/L e DQO de 50 a 102 g de O₂/L²²⁵, apresentando fator poluidor cem vezes maior que o esgoto doméstico²²⁶.

Em virtude da sua alta produção em volume, por muitos anos, o soro lácteo foi destinado à alimentação animal ou era descartado de forma ilegal, devido à falta de informação a cerca de seus constituintes e também devido a restrições em relação ao seu descarte²⁰². No entanto, nas últimas décadas o soro passou a receber atenção das indústrias por ser fonte de proteínas de alto valor biológico e de baixo custo, conseguindo uma valorização maior ou igual a de queijos²⁰².

O processamento do soro para ser utilizado e explorado em relação à sua funcionalidade pode ser por meio direto, através de tratamento térmico ou físico, resultando na obtenção do soro em pó, do concentrado de proteína do soro, do isolado proteico, do permeado de soro, da lactose e outras frações²⁰³. Ou pode ser por meio indireto, utilizando o soro como substrato para processos microbiológicos e enzimáticos envolvendo a biotecnologia para obtenção de bioproteínas, probióticos, ácidos orgânicos, bioplásticos, entre outros^{227,228}.

Assim, não ocorre apenas a valorização do soro na forma de concentrado, mas também a valorização dos derivados dele. De forma que o mercado visa investir em tecnologias e processamentos para explorar minuciosamente os derivados desse coproduto e é o mercado com crescimento mais rápido quando comparado à outros produtos lácteos²⁰².

2.5. *Lactobacillus acidophilus*

A microbiota intestinal desempenha função importante tanto na manutenção da saúde quanto no desenvolvimento da doença no hospedeiro²²⁹. Ela afeta o desenvolvimento da imunidade inata e adquirida, influencia na nutrição e no metabolismo energético. É capaz de moldar a resposta imunológica a nível gastrointestinal e sistêmico, sendo que alterações em sua composição podem explicar o aumento recente na incidência de doenças auto-imunes e inflamatórias²²⁹.

A microbiota intestinal não influencia apenas na patogênese de doenças gastrointestinais, mas também pode influenciar em doenças como diabetes mellitus tipo 1, doenças cardiovasculares, doenças desmielinizantes autoimunes, alergia e asma²²⁹. Estudos têm evidenciado sua contribuição para a fisiopatologia da obesidade, através da interferência na resistência à insulina, inflamação e acúmulo de adipócitos, por meio de interações com células endócrinas e epiteliais²³⁰. Além disso, alguns estudos sobre transtornos alimentares e neuropsiquiátricos sugerem a existência de associação destes

transtornos com uma possível disfunção do eixo intestino-cérebro, supondo ainda, que a microbiota intestinal teria uma influência muito maior e ainda não elucidada sobre o organismo²³⁰.

A melhor compreensão da interação intestino-microbiota-organismo faz com que a microbiota intestinal ganhe maior destaque e que explorem o potencial terapêutico da mesma, visando uma vida mais saudável para a população. Dentre essas alternativas, o uso de probióticos é explorado para modular e reduzir espécies patogênicas da microbiota intestinal, sendo considerado um alimento funcional típico.

Probióticos são considerados micro-organismos vivos que quando administrados em quantidades adequadas, conferem benefícios a saúde do hospedeiro^{231,232}, sendo que deve-se ter a caracterização da cepa probiótica e comprovação científica dos efeitos benéficos que esses micro-organismos conferem ao serem consumidos²³¹. Os produtos probióticos são recomendados para diferentes situações e sintomas, podendo auxiliar no desconforto digestivo, incluindo a síndrome do intestino irritado, redução de cólicas e eczema em bebês e crianças, prevenção de enterocolite necrosante, redução dos sintomas envolvidos na intolerância à lactose, redução na gravidade de infecções do trato gastrointestinal, entre outros benefícios que envolvem cavidade oral, trato urinário, pressão sanguínea e imunidade de forma geral do hospedeiro²³¹.

Dentre os diversos micro-organismos considerados probióticos, temos o *L. acidophilus* que foi uma cepa isolada em 1900 de fezes de crianças e *a priori* denominada *Bacillus acidophilus*²³³. O *L. acidophilus* é uma bactéria homofermentativa, microaerófila, Gram positiva, que produz ácido lático como produto final do seu metabolismo e apresenta propriedades probióticas relacionadas à produção de compostos antimicrobianos, metabolismo da lactose, tolerância à bile permitindo sua colonização na mucosa intestinal por meio de adesão aos enterócitos^{233,234} sendo relacionado à proteção, imunidade, bacteriostase, balanço e nutrição²³⁵.

É capaz de resistir ao suco gástrico do estômago, aos sais biliares e às enzimas digestivas, e ao aderir na mucosa intestinal, produzir substâncias que inibem o crescimento de bactérias indesejáveis²³⁶, além de poder assegurar a prevenção de patologias, regulação da microbiota intestinal, distúrbios do metabolismo gastrointestinal, imunomodulação e inibição da carcinogênese²³⁷.

Os mecanismos de ação do *L. acidophilus*, em relação à inibição dos organismos patogênicos, pode ser por meio de competição pelo substrato ou sítios de

fixação, estimulação do sistema imunológico do hospedeiro e secreção de substâncias nocivas aos patógenos, provocando respostas a nível de mucosa e a nível sistêmico². Ao competir por substrato ou sítios de fixação das células hospedeiras²³⁸, aderem à mucosa e células epiteliais e estimulam a secreção de muco e a produção de mucina, reforçando a barreira intestinal²³⁹, evitando, assim, a aderência de bactérias em células hospedeiras.

O segundo mecanismo de ação possível é por meio de estimular o sistema imune do hospedeiro, através da interação com receptores da superfície endotelial, aumentando os níveis de anticorpos e a atividade dos macrófagos², sendo que a modulação da resposta imunológica difere de acordo com o estado imune do hospedeiro e da dose ingerida²³⁹.

E o terceiro mecanismo de ação é pela secreção de bacteriocinas, que apresentam alta especificidade de ação contra micro-organismos²⁴⁰, ou ainda, pela secreção de substâncias como ácidos orgânicos (ácido láctico, acético, ácido butírico) e peróxido de hidrogênio que reduzem o pH, tornando o ambiente intestinal desfavorável para diversos patógenos²⁴⁰.

Além disso, são capazes de produzir outras substâncias antimicrobianas, como o ácido propiônico, diacetil, acetaldeído, dióxido de carbono e bacteriocinas tais como lactocidina, acidolina, acidofilina, lactacium-B; proteínas inibidoras, que junto com a produção de ácido láctico que, reduz o valor de pH, tornam o meio desfavorável para sobrevivência e desenvolvimento de alguns microrganismos deteriorantes e patogênicos^{20,241,242} como por exemplo da *Salmonella enterica* sorovar Enteritidis²³⁵. E ainda é uma cepa que apresenta resistência a antibióticos como cloranfenicol, eritromicina, tetraciclina e canamicina²⁴³.

E pelo *Lactobacillus acidophilus* possuir estas características podem ser explorados em produtos lácteos, propiciando melhoria nas propriedades físico-químicas, sensoriais, microbiológicas²⁴¹ e consequentemente atuam como conservantes naturais, aumentando o prazo de validade comercial destes produtos.

2.6. Inulina

Prebióticos são definidos como substratos benéficos, utilizados por micro-organismos benéficos hospedeiros da mucosa intestinal³, auxiliando na manutenção da estabilidade e no restabelecimento ou recuperação da microbiota quando esta é afetada²⁴⁴.

Sendo que os prebióticos auxiliam e promovem efeitos benéficos não só a nível intestinal como por todo o trato gastrointestinal, trato urogenital e epiderme²⁴⁵.

Em 2018, o mercado mundial de prebióticos movimentou cerca de US\$ 3.4 bilhões e estima-se que movimente acima de US\$ 7.2 bilhões em 2024²⁴⁶. E usualmente os prebióticos são explorados no desenvolvimento de alimentos funcionais e tem sido mais utilizado em produtos lácteos, e chegou a contemplar em 2016, 85% do mercado de prebióticos²⁴⁶. Dentre os prebióticos mais utilizados, destaca-se a inulina seguida do galactooligossacarídeo (GOS) e frutooligossacarídeo (FOS)²⁴⁶.

A inulina é um carboidrato não-digerível, classificada como fibra dietética conhecida como frutano²⁴⁴ e obtida comercialmente a partir da raiz da chicória ou através da alcachofra de Jerusalém que contém de 15-20g de inulina/100g e 17-20.5g de inulina/100g, respectivamente^{247,248}. É industrialmente favorável para ser explorada por abranger uma gama de requisições dos consumidores por ser uma fibra enriquecida, prebiótica, com baixo teor de gordura e baixo teor de açúcar²⁴⁹.

Em estudo realizado por Balthazar et al.²⁵⁰ a adição de 10% em sorvetes feitos com leite de ovelha, promoveu efeitos benéficos ao inibir a ação da atividade da enzima conversora de angiotensina e atividade antioxidante²⁵⁰. Pode-se observar também a funcionalidade da inulina na redução do colesterol e nos níveis de triacilglicerídeos quando consumida em sorvetes de baunilha suplementados com esse prebiótico²⁴⁶.

Além disso, é relacionada ao aumento da quantidade de ácidos graxos de cadeia média e longa, especialmente o ácido oleico, sendo interessante sob o ponto de vista funcional e nutricional²⁵¹.

Apresenta resultados positivos atuando como anti-diabético mantendo níveis ótimos da relação glicose-insulina, como anti-hipertensivo, aumentando a absorção mineral, reduzindo o risco da síndrome do intestino irritado, reduzindo risco de constipação e atuando no metabolismo lipídico de forma que melhora o perfil lipídico sanguíneo por reduzir lipogênese através da inibição da síntese de triacilglicerídeos^{246,248}.

A inulina pode ser associada a micro-organismos probióticos, resultando em alimentos simbióticos, de forma que apresenta efeitos protetivos possibilitando a maior viabilidade das células probióticas durante o período de armazenamento do produto²⁵². De forma que, ao ser explorada sozinha, já confere efeitos benéficos significativos capazes de conferir ao alimento o conceito de alimento funcional. E ao ser associada aos micro-organismos probióticos, os efeitos benéficos tanto da inulina quanto dos

probióticos são potencializados e o alimento além de poder ser classificado como funcional, pode ser categorizado como *superfood*²⁵³.

A adição de inulina em sorvetes, a nível tecnológico, promove melhoria em alguns parâmetros como a formação de cristais de gelo menores, a intensificação da cor branca, aumento do sabor doce (30 a 35%), do *overrun*, redução da velocidade de derretimento, maior viscosidade, a depender da concentração utilizada, e maior consistência e dureza^{246,250}.

A inulina é considerada um substituto de sacarose, podendo aumentar o dulçor do produto em 30 a 35%²⁵⁴ e especialmente, de gordura, visto que mantém as características reológicas, sensoriais e físico-químicas similares de sorvetes que possuem gordura láctea em sua composição²⁴⁶. Isso ocorre em virtude da cadeia longa da inulina apresentar a habilidade de formar microcristais ao ser associada com água ou leite. Assim, esses microcristais conseguem fornecer uma textura mais cremosa e sensorialmente ser similar à gordura²⁴⁸. Além disso, possui capacidade de se ligar a substâncias lipofílicas e atuar também como estabilizante²⁴⁸.

Ainda a nível sensorial, o uso da inulina pode contribuir para os aromas amanteigados e doces nos produtos, decorrente dos compostos voláteis como o ácido isobutírico, o 5-hidroxi-2,7-dimetil-4-octanona, o 2 (5H) -furanone e o 2-hidroxi-3-pentanona²⁴⁶.

De modo geral, a inulina apresenta um importante papel melhorando aspectos tecnológicos e também na medicina preventiva, desempenhando a funcionalidade através da modulação da microbiota saudável intestinal e reduzindo o risco do desenvolvimento de doenças crônicas degenerativas³ sendo aspectos atualmente relevantes para os consumidores.

2.7. Cagaita (*Eugenia dysenterica*)

A cagaita ou cagaiteira, pertence à família Myrtaceae, é uma árvore nativa do Cerrado e encontrada amplamente neste bioma. Trata-se de uma árvore frutífera, de quatro a dez metros de altura, apresentando galhos e troncos tortuosos, casca grossa e fissurada²⁵⁵.

Apresenta características benéficas de forma ampla, através de suas folhas, casca, frutos e sementes. A casca caracterizada por ser fendada, corticosa, de cor marrom,

é usada na medicina popular para tratar icterícia, diabetes e diarreia^{256–258}. E a entrecasca é associada a ação anti-inflamatória, sendo utilizada para a preparação de chás²⁵⁹.

As folhas, na medicina popular, assim como a casca, são utilizadas para tratar diarreia, diabetes e icterícia e também para problemas cardíacos e para reduzir colesterol^{256,258,260–263}. Além disso, apresenta atividade antifúngica no óleo essencial, obtido a partir das folhas de cagaiteira, em relação ao fungo sistêmico humano *Cryptococcus neoformans*²⁶⁴, que apresenta elevada prevalência em pacientes com o sistema imune deprimido.

A emissão de botões e floração branca é abundante, ocorre de forma rápida e gera efeito ornamental à planta²⁶⁵(Figura 10). Há relatos do uso da flor para tratamento da bexiga e alterações no ciclo menstrual²⁶³.

Seguem um padrão de floração em massa, de forma sincronizada e por um curto período, denominado “big bang”²⁶⁶. A polinização da cagaiteira é realizada, em especial, pelas mamangavas *Bombus morio* e *Bombus atratus*²⁶⁵ e em torno de 6,8% dos botões emitidos por planta dão origem aos frutos²⁵⁷.



FIGURA 10 - Emissão de botões e floração branca da cagaiteira (*Eugenia dysenterica*)

Fonte: De Sousa et al.²⁵⁵

A sua frutificação incia no quarto ou quinto ano de idade, de forma abundante, em especial nas plantas de cagaiteiras mais velhas, produzindo cerca de 2.000 frutos anualmente²⁶⁷. A espécie produz nova folhagem, floresce e frutifica no espaço de um mês, em agosto/setembro, no máximo no começo de outubro²⁶⁸.

Os frutos da cagaiteira apresentam alta desuniformidade em virtude da oscilação com relação ao peso, diâmetros transversal e longitudinal. O seu peso varia de 6 g a 37 g, com diâmetro transversal de 17,6 mm a 54,15 mm e diâmetro longitudinal de 8,05mm a 49,25 mm^{259,269-271}. É considerado carnoso, de cor verde a amarelo-pálida, quando se tornam maduros²⁷²(Figura 11). Apresentam cerca de 2 a 3 cm de diâmetro, contendo de uma a três sementes brancas, dispersas no mesocarpo, sendo facilmente separadas da polpa suculenta, de sabor *sui generis* e ácida que as envolvem^{270,273,274}.

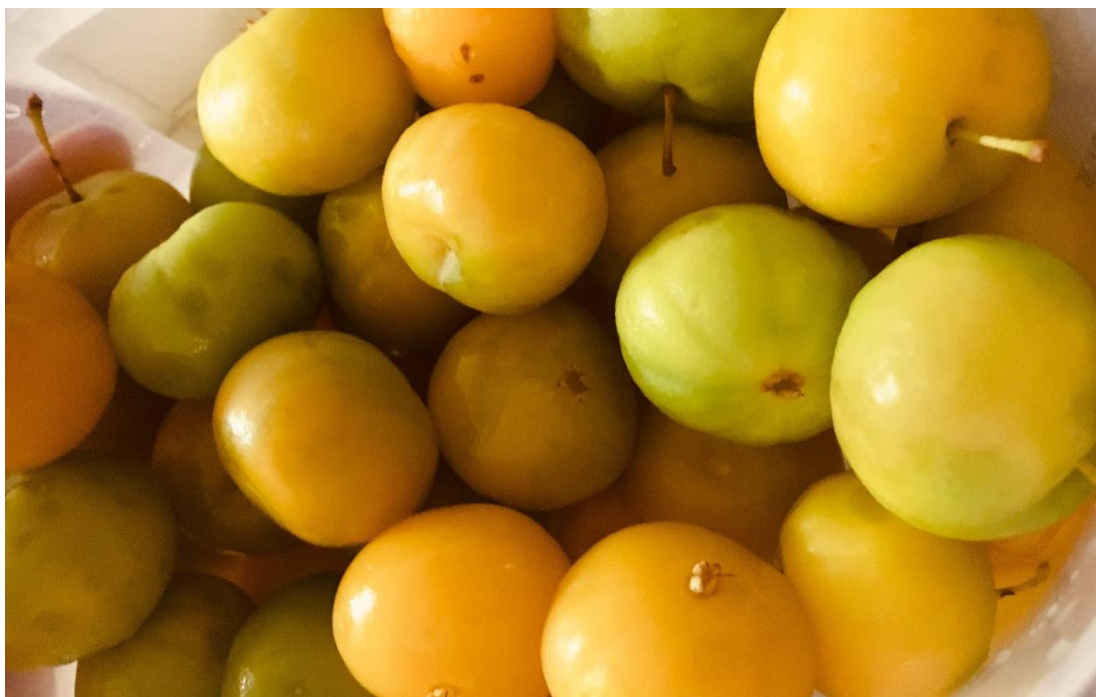


FIGURA 11 - Frutos verde, quando jovens, e amarelo-pálido quando maduros da cagaita (*Eugenia dysenterica*)

Fonte: Acervo pessoal, 2018.

As sementes achatadas e elipsoides²⁷⁵, medem cerca de 0,8 cm a 2,0 cm de diâmetro¹⁴⁸, apresentam elevada taxa de viabilidade^{273,276} e apresentam quantidades relevantes de carboidratos totais e atividade antioxidante^{277,278}.

As características do fruto da cagaita permitem a sua exploração para o consumo *in natura* e para industrialização. Porém, são sensíveis ao calor, sendo altamente perecíveis por iniciarem processos fermentativos rapidamente²⁵⁵ e não devem ser consumidos *in natura* quando expostos a temperaturas altas, visto que pode provocar diarreia e intoxicação^{256,257,279}.

O fruto, caso conservado a 28 °C, perece em apenas três dias e mantém sua conservação por até treze dias se armazenado sob refrigeração a 15 °C²⁸⁰. A produção de polpa congelada, sem adição de água, constitui uma alternativa para reduzir o processo fermentativo, manter as características da fruta fresca, possibilitar sua larga utilização na indústria e permitir o consumo durante a entressafra.

Destaca-se para uso industrial em virtude do alto rendimento de polpa. E destaca-se para consumo por ser fonte de vitamina C, de vitamina A, folatos, vitamina B2, cálcio, magnésio, ferro, ácidos graxos saturados e monoinsaturados^{4,281}, além de apresentar baixo valor calórico.

Em relação à composição centesimal da cagaita, a partir da Tabela 3 é possível observar que é um fruto com alto teor de umidade, com valores variáveis em relação, especialmente, ao teor de proteína e carboidratos. Sendo que ao ser comparada aos frutos araçá, araticum, caju-do-cerrado, macaúba, mangaba, murici, chichá, cajuí e jatobá, analisados nos estudos de Silva et al.²⁸² e Rocha et al.²⁸³ a cagaita apresentou o maior valor de umidade e os menores teores de cinzas, lipídios, carboidratos e valor calórico. E em relação a pitomba, puçá e gabioba, a cagaita apresentou maior teor de lipídeos.

TABELA 3 - Composição centesimal da polpa de cagaita em diferentes trabalhos

Composição centesimal	Silva et al.²⁸²	Cardoso et al.⁴	Rocha et al.²⁸³	Pfrimer²⁸⁴
Umidade (%)	94.34 ± 0.06	91.56*	90.9 ± 8.4	91.90 ± 0.03
Cinzas (%)	0.28 ± 0.02	0.18 ± 0.02	0.30 ± 0.10	0.40 ± 0.01
Lipídios (%)	0.44 ± 0.03	0.57 ± 0.05	0.57	0.15 ± 0.01
Proteína (%)	0.82 ± 0.07	0.63 ± 0.09	2.5 ± 0.2	1.17 ± 0.01
Carboidratos (%)	3.08 ± 0.08	5.54 ± 0.65	5.9 ± 1.7	6.38 ± 0.00
Valor energético total (kcal)	20.01*	29.83 ± 3.43	36.6 ± 7.2	31.59 ± 0.07

Dentre os nutrientes minerais de destaque, tem minerais que atuam em uma série de reações metabólicas catalisadas por enzimas, sendo muito importantes para o crescimento e para a reprodução, como o manganês e o zinco. O ferro, que faz parte de moléculas como hemoglobina, mioglobina, citocromo e de alguns sistemas enzimáticos, e desempenha papel essencial na respiração celular por meio do transporte de oxigênio²⁸⁵. O cobre, que apresenta diversas aplicações nos sistemas biológicos e sua deficiência no organismo leva a defeitos na síntese de tecido conjuntivo, com consequências vasculares, problemas ósseos, anemia, alterações no sistema nervoso central e imunológicas²⁸⁶.

Ainda, tem-se os que atuam na formação de ossos, dentes e tecidos como o cálcio e o magnésio. O potássio, que quando associado ao sódio, regulariza o funcionamento do sistema muscular e os batimentos cardíacos²⁸⁷. O fósforo, que auxilia na manutenção do pH, tamponando sistemas ácidos ou alcalinos, e também é responsável pela ativação, por meio da fosforilação de diversas cascatas enzimáticas²⁸⁸. E o sódio é responsável pela manutenção do equilíbrio hídrico e ácido básico, por transmitir impulsos

nervosos, estimular ação muscular, sendo necessário também para o transporte ativo de substâncias por meio das membranas celulares²⁸⁹.

Os nutrientes minerais encontrados na polpa de cagaita em diferentes trabalhos são apresentados na Tabela 4.

TABELA 4- Quantificação dos nutrientes minerais encontrados na polpa de cagaita (*Eugenia dysenterica*)

Nutrientes minerais	Ribeiro ²⁹⁰	Almeida et al. ²⁹¹	Vieira et al. ²⁹²	Santos ²⁹³
Cálcio	0.65± 0.08	3.29	172.8	450
Potássio	75.83± 0.43	—	—	1220
Fósforo	6.68± 0.14	—	—	120
Sódio	6.80± 0.13	—	—	34.71
Magnésio	5.92± 0.08	—	62.9	150
Alumínio	0.23± 0.06	—	—	—
Zinco	0.23 ± 0.01	—	—	1.50
Manganes	0.13± 0.01	—	—	1.51
Magnésio	—	6.33	—	—
Ferro	0.06± 0.01	0.13	3.9	4.43
Cobre	0.01± 0.01	—	—	1.65

A polpa de cagaita não apresenta homogeneidade entre os resultados dos nutrientes minerais, no entanto, isso pode ser explicado pelas diferenças em relação ao grau de maturação e procedência dos frutos, do tipo de processamento, do tipo de solo e clima, entre outros.

Em relação aos aspectos funcionais do consumo da polpa de cagaita, temos a sua atividade antioxidante, presença de carotenóides, presença de compostos fenólicos, de ácido elágico e ácidos poliinsaturados.

Os antioxidantes são substâncias que evitam ou retardam lesões celulares causadas por espécies de oxigênio reativo. Atuam por meio de sistema de prevenção, ao impedir a formação de radicais livres, por sistema varredor, prevenindo ou diminuindo os danos oxidativos de lipídios, proteínas e ácidos nucleicos ou por sistema de reparo, favorecendo a reconstituição de estruturas biológicas lesadas²⁹⁴⁻²⁹⁷.

São importantes no combate aos processos oxidativos, com menores danos às macromoléculas e ao DNA, amenizando danos celulares como inflamação, doenças

cardiovasculares, câncer, cataratas e envelhecimento, que conduzem a anormalidades patológicas e fisiológicas²⁹⁵⁻²⁹⁷. Inibem ou retardam a atividade oxidante, mesmo em concentrações menores a de substratos oxidáveis, transformando-se em radicais não reativos²⁹⁸.

Os fatores que determinam uma boa atividade antioxidante são a presença de substituintes de doadores de hidrogênio ou de elétrons ao radical, em relação ao seu potencial de redução; a capacidade de deslocar o radical formado na estrutura; a habilidade de quelar os metais de transição que são envolvidos no processo oxidativo e acesso ao local de ação, dependendo da lipofilia ou hidrofilia²⁹⁹.

Os antioxidantes são divididos em sintéticos e os naturais, sendo que estes têm sido priorizados, visto que muitos antioxidantes sintéticos demonstram efeitos mutagênicos e/ou tóxicos³⁰⁰. Os antioxidantes sintéticos mais utilizados nas indústrias são: butil-hidroxitolueno (BHT), butil-hidroxianisol (BHA) e o propil galato (PG). São de baixo custo e de boa qualidade, mas de uso limitado por serem carcinogênicos³⁰¹.

Já os antioxidantes naturais, podem ser exógenos ou endógenos, sendo que para exercerem uma boa atividade, é necessário que atuem em conjunto²⁹⁸. Os antioxidantes endógenos são as enzimas (catalase, glutathione peroxidase, superóxido dismutase) presentes no organismo, com função de controlar a homeostasia e o metabolismo²⁹⁵. Enquanto os antioxidantes exógenos, podem ser obtidos por meio da alimentação, com ingestão de hortaliças e frutas. Destaca-se entre eles, a vitamina C (ácido ascórbico), vitamina E, compostos fenólicos e carotenóides³⁰².

A cagaita possui atividade antioxidante através do seu teor de vitamina C, carotenóides e compostos fenólicos. Há diversos métodos para identificação da atividade antioxidante de um alimento, sendo os mais conhecidos o método ABTS (ácido 2,2-azino-bis(3-etilbenzotiazolin)-6-sulfônico) e o DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazil). (Tabela 5)

Segundo Santos²⁹³, a cagaita *in natura* apresentou, pelo método ABTS, capacidade antioxidante igual a $357,73 \pm 8,03$ $\mu\text{mol Trolox/g}$ e segundo De Souza Schmidt Gonçalves et al.³⁰³, pelo método DPPH, capacidade antioxidante de cerca de 150 $\mu\text{mol Trolox/g}$ e pelo método ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity) a cagaita apresenta capacidade antioxidante de cerca de 450 $\mu\text{mol Trolox/g}$.

TABELA 5 - Comparação da atividade antioxidante da cagaita pelo método ABTS, DPPH e ORAC com frutas nativas comerciais no Brasil

Fruta	Atividade antioxidante			Referência
	ABTS (μmol Trolox/g)	DPPH (μmol Trolox/g)	ORAC (μmol Trolox/g)	
Cagaita	357.73	± 150	± 450	Santos ²⁹³ e De Souza Schmidt Gonçalves et al. ³⁰³
Uvaia	182	—	—	Rufino et al. ³⁰⁴
Jabuticaba	37.5	—	—	
Jambolão	30.25	—	—	
Acerola	37.50	—	—	
Panã	—	± 120	± 290	De Souza Schmidt Gonçalves et al. ³⁰³
Umbu	6.3	± 25	± 50	
Coquinho azedo	—	± 160	± 450	
Araçá	1237 ³⁰⁴	± 130	± 200	
Cambuci	—	± 200	± 180	

Comparando com os resultados obtidos por Rufino et al.³⁰⁴, que determinaram a capacidade antioxidante de alguns frutos utilizando o método ABTS, pode-se observar que a cagaita *in natura* possui capacidade antioxidante inferior ao araçá e superior à uvaia, jabuticaba, jambolão, acerola e umbu. E comparando a cagaita com as demais polpas avaliadas em trabalho realizado De Souza Schmidt Gonçalves et al.³⁰³, apresenta atividade antioxidante superior as polpas de panã, umbu e araçá, pelos métodos DPPH e ORAC.

O ácido ascórbico é uma das vitaminas hidrossolúveis mais importantes da dieta humana, já que está relacionado aos processos de absorção do ferro, síntese de colágeno, desenvolvimento de ossos, dentes, tecido conjuntivo e paredes dos vasos sanguíneos^{305,306}. Atua como cofator para muitas enzimas e como antioxidante, sendo considerado a primeira linha de defesa contra radicais derivados do oxigênio²⁹³.

O consumo diário de vitamina C, para adultos, segundo o "Regulamento Técnico sobre a Ingestão Diária Recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais", deve ser equivalente a 45 mg, a fim de evitar a deficiência desta vitamina no organismo³⁰⁷. A carência de ácido ascórbico provoca anemia, hemorragias capilares, hemorragia ao nível das gengivas, escorbuto, degeneração muscular, fraqueza, cicatrização lenta de feridas, depressão, retenção de fluidos, aumentando a susceptibilidade às infecções e distúrbios nervosos³⁰⁸.

A cagaita é considerada uma fonte de ácido ascórbico. Pesquisa realizada por Silva et al.³⁰⁹ avaliou frutos de cagaita em seus diferentes estágios de maturação e verificou que a concentração de vitamina C do fruto maduro foi de 27,46 mg/100 g do fruto. Os autores observaram ainda, que os valores de vitamina C nas polpas de cagaita, armazenadas durante quatro meses, variaram de 17,88 a 26,97 mg/100 g de polpa. Resultados similares foram encontrados por Santos²⁹³, que obteve valores de vitamina C para cagaita *in natura* de 29,75mg/100g do fruto e para polpa de cagaita igual a 24,64 mg/100 g de polpa. A cagaita apresenta teor de vitamina C inferior quando comparada a polpas de acerola (Tabela 6) e apresenta teor superior de ácido ascórbico quando comparada com polpas de pêsego de diferentes cultivares, polpas de cupuaçu, açaí, graviola, manga e cajá.

TABELA 6 - Teores de ácido ascórbico e β -caroteno de diferentes polpas de frutas

Fruta	Ácido ascórbico (mg/100g)	Carotenoides β -caroteno (μ g/100g)	Referência
Cagaita	17.88 – 26.97 ³⁰⁹	86.67 - 201.23 ^{4.8}	Silva et al. ³⁰⁹ ; Santos ²⁹³ , Rocha et al. ²⁸³
Pêsego	7.95 - 17.61	640	Segantini et al. ³¹⁰ , Vargas-Murga et al. ³¹¹
Cupuaçu	5.05 a 15.26	—	Santos et al. ³¹²
Açaí	10.1	240	Canuto et al. ³¹³ ; Vargas-Murga et al. ³¹¹
Graviola	0.1	—	
Manga	20.88	920	Vargas-Murga et al. ³¹¹ , Silva et al. ³¹⁴
Cajá	17.27	—	Temóteo et al. ³¹⁵
Acerola	378.5 - 494.07	36	Vargas-Murga et al. ³¹¹ , Canuto et al. ³¹³ ; Scherer et al. ³¹⁶
Cajuí	45.66 – 253.92	136.13 $\pm$ 18.3	Rocha et al. ²⁸³ , Assis et al. ³¹⁷ , Schwartz ³¹⁸ , Costa et al. ³¹⁹
Jatobá	121.5	110.68 $\pm$ 11.9	
Macaúba	118.19	49 - 132.65	
Goiaba - Panseetong	—	13.8	
Camu-camu	1882 ³⁰⁴	72.8	Rufino et al. ³⁰⁴ , Zanatta et al. ³²⁰

Os carotenóides são compostos que apresentam importantes funções fisiológicas, como proteção epitelial através de formação, proteção e regeneração da pele e mucosas, interferem na fertilidade por atuarem sobre a ovulação, implantação do óvulo,

embrião e desenvolvimento fetal; controla o crescimento e processos de diferenciação do metabolismo celular e melhora a resistência contra doenças infecciosas³²¹.

Os carotenóides denominados provitamínicos A (β -caroteno, α -caroteno e β -criptoxantina), são transformados em vitamina A no intestino delgado e no fígado dos mamíferos³²¹ e da mesma forma que outros carotenóides como luteína, licopeno e zeaxantina, atuam como neutralizadores de espécies reativas de oxigênio e de outros radicais livres^{322,323}.

A cagaita apresenta valores significativos de carotenóides como licopeno, α -caroteno e β -caroteno⁴. Sendo que o teor de β -caroteno é o mais avaliado em diferentes estudos (Tabela 6). Trabalho realizado por Rocha et al.²⁸³, apresentou teor de β -caroteno para cagaita *in natura* igual a 201,23 $\mu\text{g}/100\text{g}$ de fruto, valor superior ao confrontar os valores encontrados em diferentes trabalhos para acerola, cajuí, camu-camu, goiaba da variedade Panseetong, jatobá e macaúba. E teor inferior aos encontrados para pêssogo, açaí e manga.

Os compostos fenólicos possuem estrutura variável, no entanto são definidos, de acordo com a estrutura química, como substâncias que possuem anel aromático com um ou mais substituintes hidroxílicos, incluindo os grupos funcionais, sendo classificados em flavonóides e ácidos fenólicos³²⁴. São compostos considerados multifuncionais como antioxidantes, sendo que a sua bioatividade atua das diversas formas. Combate radicais livres, pela doação de um átomo de hidrogênio de um grupo hidroxila (OH) da estrutura aromática; quelar metais de transição, como o cobre e o ferro; interrompe reações de propagação dos radicais livres na oxidação lipídica; repara a lesão em moléculas atacadas por radicais livres e modifica o potencial redox do meio^{325,326}. São capazes de bloquear a ação de enzimas específicas que causam inflamação, modificar rotas metabólicas das prostaglandinas, inibir a ativação de carcinógenos e inibir a agregação plaquetária^{327,328}.

Segundo Rocha et al.²⁸³, a polpa de cagaita apresenta elevado teor de compostos fenólicos apresentando de 90 mg a 111 mg de ácido gálico/100 g de polpa de cagaita; valor diferente ($171,76 \pm 2,27$ mg de ácido gálico/100 g de polpa) foi verificado em estudo realizado por Santos²⁹³. A polpa de cagaita apresenta teores de compostos fenólicos relevantes sendo superior e inferior à de algumas polpas de frutas brasileiras, como evidenciado na Tabela 7 por diferentes trabalhos.

TABELA 7- Comparação entre teores de compostos fenólicos (mg de ácido gálico/100g de polpa) em diferentes polpas de frutas brasileiras

Polpa de fruta	Compostos fenólicos – ácido gálico (mg/100g)	Referência
Cagaita	90 – 171	Santos ²⁹³ ; Rocha et al. ²⁸³
Acerola	1561.67 - 2631.34	
Açaí	136	
Bacuri	23.8	
Buriti	378	
Cupuaçu	20.50	Rodrigues et al. ³²⁹
Jambo	8.6	
Macaúba	20.50	
Pitanga	179 - 799.8	
Pitaya	18 – 61	
Uva	117	
Cajá	72	
Camu-camu	1176	
Jambolão	185	Rufino et al. ³⁰⁴
Mangaba	169	
Umbu	90.4	
Uvaia	127	
Mama-cadela	177	
Gabiroba	259 – 275	
Guapeva	198 – 226	Rocha et al. ²⁸³
Pera-do-Cerrado	212 -217	
Pitanga-do-Cerrado	225 – 327	

As polpas das frutas de açaí, bacuri, cupuaçu, jambo, macaúba, pitaya, uva, cajá, mangaba, umbu e uvaia apresentam menores teore de compostos fenólicos quando comparados aos resultados obtidos para polpa de cagaita. Já a polpa de acerola, camu-camu e pitanga destacam-se por apresentarem quantidades de quatro a seis vezes superiores ao apresentado pela polpa de cagaita.

A polpa de cagaita também apresenta em sua composição, mesmo em quantidades baixas, o ácido elágico. Sendo que a maioria dos frutos e de polpas de frutas não apresentam nem uma pequena quantidade desse componente. O ácido elágico está relacionado a propriedades como antioxidante, anitmutagênico e anticancerígeno³³⁰, e a polpa de cagaita apresenta cerca de 5 mg/g de ácido elágico livre sendo inferior às polpas de cambuci e araçá³⁰³.

Os ácidos graxos atuam como precursores de substâncias como componentes de estruturas cerebrais, da retina e do sistema reprodutor sendo indispensáveis na estrutura de membranas celulares²⁵⁸.

Os ácidos graxos denominados essenciais são aqueles que devem ser ingeridos através da alimentação, visto que são necessários para regulação de processos metabólicos, processos de transporte e excreção. Além disso, são importantes para a síntese de lipídeos dos tecidos. Estes, são denominados de ácidos graxos poli-insaturados, sendo o ácido linoleico e linolênico os mais conhecidos. A carência de ácidos graxos essenciais na alimentação, pode levar a alterações no sistema imune, sistema neuronal, no crescimento e alterações na pele³³¹. Já os graxos de cadeia curta, cadeia média e cadeia longa saturados e monoinsaturados podem ser sintetizados no organismo.

O óleo da polpa de cagaita apresenta cerca de 22% de poliinsaturados, sendo 12% de ácido linolênico e cerca de 10.5% de teor de ácido linoleico apresentando teores superiores de ácidos graxos essenciais em relação ao óleo de milho, girassol, amendoim, soja, oliva e dendê²⁸¹; cerca de 28% de ácidos graxos saturados, sendo, 24% de ácido palmítico, apresenta cerca de 50% de ácidos graxos monoinsaturados, sendo cerca de 36% de ácido oléico²⁸¹.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Mordor.Intelligence. Ice Cream Market | 2021 - 26 | Industry Share, Size, Growth - Mordor Intelligence [Internet]. [cited 2021 Sep 15]. Available from: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/ice-cream-market>
2. Zhao W, Liu Y, Kwok LY, Cai T, Zhang W. The immune regulatory role of *Lactobacillus acidophilus*: An updated meta-analysis of randomized controlled trials. *Food Biosci.* 2020 Aug 1;36:100656.
3. Farias D de P, de Araújo FF, Neri-Numa IA, Pastore GM. Prebiotics: Trends in food, health and technological applications. *Trends Food Sci Technol.* 2019 Nov 1;93:23–35.
4. Cardoso L de M, Martino HSD, Moreira AVB, Ribeiro SMR, Pinheiro-Sant’Ana HM. Cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) of the Cerrado of Minas Gerais, Brazil: Physical and chemical characterization, carotenoids and vitamins. *Food Res Int.* 2011 Aug 1;44(7):2151–4.
5. CBBC Newsround. The origin of ice-cream [Internet]. [cited 2021 Sep 9]. Available from: http://news.bbc.co.uk/cbbcnews/hi/find_out/guides/tech/ice-cream/newsid_3634000/3634978.stm
6. International Dairy Foods Association. The History of Ice Cream [Internet]. [cited 2021 Sep 9]. Available from: <https://www.idfa.org/the-history-of-ice-cream>
7. Você sabe como surgiu o sorvete? Conheça a história dessa iguaria! - Sorvetes Perfetto [Internet]. 2020 [cited 2021 Sep 9]. Available from: <https://www.perfetto.com.br/blog/voce-sabe-como-surgiu-o-sorvete-conheca-a-historia-dessa-iguaria/>
8. Fatos Desconhecidos. Como o sorvete ajudou os Estados Unidos durante as guerras [Internet]. Diário Online. Mundiware Elite CS; 2017 [cited 2021 Sep 10]. Available from: <https://dol.com.br/tuedoide/curiosidades/noticia-444273-como-o-sorvete-ajudou-os-estados-unidos-durante-as-guerras.html>
9. Ramos M. O sorvete chega ao Brasil [Internet]. In Vivo. História. [cited 2021 Sep 10]. Available from: <http://www.invivo.fiocruz.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=898&sid=7>
10. Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Gelados

- Comestíveis, Preparados, Pós para o Preparo e Bases para Gelados Comestíveis.
11. Goff HD. Formation and stabilisation of structure in ice-cream and related products. *Curr Opin Colloid Interface Sci* [Internet]. 2002 Nov 1 [cited 2018 Jun 13];7(5–6):432–7. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359029402000766>
 12. Goff HD. Ice Cream and Frozen Desserts: Manufacture. In: Reference Module in Food Science [Internet]. Elsevier; 2016 [cited 2018 Jun 19]. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780081005965008325>
 13. Goff H. The Structure and Properties of Ice Cream and Frozen Desserts. *Encycl Food Chem* [Internet]. 2019 Jan 1 [cited 2019 Jul 22];47–54. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780081005965217034>
 14. Daw E, Hartel RW. Fat destabilization and melt-down of ice creams with increased protein content. *Int Dairy J* [Internet]. 2015 Apr 1 [cited 2018 Jun 15];43:33–41. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958694614002507>
 15. Goff HD. Colloidal aspects of ice cream—A review. *Int Dairy J* [Internet]. 1997 Jun 1 [cited 2018 Jun 15];7(6–7):363–73. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095869469700040X>
 16. El-Nagar G, Clowes G, Tudoric CM, Kuri V, Brennan CS. Rheological quality and stability of yog-ice cream with added inulin. *Int J Dairy Technol*. 2002;55(2):89–93.
 17. Akbari M, Eskandari MH, Niakosari M, Bedeltavana A. The effect of inulin on the physicochemical properties and sensory attributes of low-fat ice cream. *Int Dairy J* [Internet]. 2016 Jun 1 [cited 2018 Jun 13];57:52–5. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958694616300498>
 18. Bylund G. Dairy Processing Handbook. Tetra Pak Process Syst [Internet]. 1995;G3:331–52. Available from: <http://www.ales2.ualberta.ca/afns/courses/nufs403/PDFs/chapter15.pdf>
 19. Goff HD. Ice Cream and Frozen Desserts: Product Types. In: Reference Module in Food Science [Internet]. Elsevier; 2016 [cited 2018 Jun 13]. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780081005965008337>
 20. Walstra P, Wouters JTM, Geurts TJ. Dairy Science and Technology 2nd Editon. CRC Press. 2005;891.
 21. Fox PF, Uniacke-Lowe T, McSweeney PLH, O'Mahony JA. Lactose. In: Dairy

- Chemistry and Biochemistry [Internet]. Cham: Springer International Publishing; 2015 [cited 2018 Jun 19]. p. 21–68. Available from: http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-14892-2_2
22. Cole WC. Relation of Temperature of Ice Cream to the Distribution of Certain of its Components Between the Liquid and Solid Phases. *J Dairy Sci* [Internet]. 1932 May 1 [cited 2018 Jun 18];15(3):254–65. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030232934109>
 23. Dolan KD, Singh RP, Wells JH. Evaluation of time-temperature related quality changes in ice cream during storage. *J Food Process Preserv* [Internet]. 1985 Dec [cited 2018 Jun 18];9(4):253–71. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1745-4549.1985.tb00725.x>
 24. Fennema O. Frozen food: challenges for the future. *Food Aust.* 1993;45:374.
 25. Fox PF, Uniacke-Lowe T, McSweeney PLH, O'Mahony JA. Milk Lipids. In: *Dairy Chemistry and Biochemistry* [Internet]. Cham: Springer International Publishing; 2015 [cited 2018 Jun 19]. p. 69–144. Available from: http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-14892-2_3
 26. Santos MV FL. Controle da mastite e Qualidade do leite - Desafios e soluções. 1ª. Pirassununga; 2019. 301 p.
 27. Walstra P, Geurts TJ, Walstra P WJ. *Dairy science and technology*. Second edi. And T, editor. 2006.
 28. Wright, A. , Scanlon, M. , Hartel, R. and Marangoni A. Rheological Properties of Milkfat and Butter. *J Food Sci.* :66: 1056-1071.
 29. Fox PF, Uniacke-Lowe T, McSweeney PLH, O'Mahony JA. *Dairy chemistry and biochemistry*. 2015. 584 p.
 30. Yu E, Hu F. Dairy Products, Dairy Fatty Acids, and the Prevention of Cardiometabolic Disease: a Review of Recent Evidence. *Curr Atheroscler Rep* [Internet]. 2018 May 1 [cited 2021 Sep 8];20(5). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29564646/>
 31. Rodríguez-Alcalá LM, Castro-Gómez MP, Pimentel LL, Fontecha J. Milk fat components with potential anticancer activity-a review. *Biosci Rep* [Internet]. 2017 Dec 22 [cited 2021 Sep 8];37(6). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29026007/>
 32. Gómez-Cortés P, Juárez M, de la Fuente MA. Milk fatty acids and potential health benefits: An updated vision. *Trends Food Sci Technol.* 2018 Nov 1;81:1–9.

33. Hame H, Jonkers D, Venema K, Vanhoutvin S, Troost F, Brummer R. Review article: the role of butyrate on colonic function. *Aliment Pharmacol Ther* [Internet]. 2008 Jan [cited 2021 Aug 24];27(2):104–19. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17973645/>
34. Scharlau D, Borowicki A, Habermann N, Hofmann T, Klenow S, Miene C, et al. Mechanisms of primary cancer prevention by butyrate and other products formed during gut flora-mediated fermentation of dietary fibre. *Mutat Res* [Internet]. 2009 Jul [cited 2021 Sep 8];682(1):39–53. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19383551/>
35. Zhang Y, Zhou L, Bao Y, Wu Y, Yu C, Huang Y, et al. Butyrate induces cell apoptosis through activation of JNK MAP kinase pathway in human colon cancer RKO cells. *Chem Biol Interact* [Internet]. 2010 May [cited 2021 Sep 8];185(3):174–81. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20346929/>
36. Fuke G, Nornberg J. Systematic evaluation on the effectiveness of conjugated linoleic acid in human health. *Crit Rev Food Sci Nutr* [Internet]. 2017 Jan 2 [cited 2021 Aug 24];57(1):1–7. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27636835/>
37. Bergamo P, Fedele E, Iannibelli L, Marzillo G. Fat-soluble vitamin contents and fatty acid composition in organic and conventional Italian dairy products. *Food Chem*. 2003 Sep 1;82(4):625–31.
38. Yang B, Chen H, Stanton C, Ross RP, Zhang H, Chen YQ, et al. Review of the roles of conjugated linoleic acid in health and disease. *J Funct Foods*. 2015 May 1;15:314–25.
39. Wang YW, Jones PJH. Conjugated linoleic acid and obesity control: efficacy and mechanisms. *Int J Obes* 2004 288 [Internet]. 2004 Jul 15 [cited 2021 Sep 8];28(8):941–55. Available from: <https://www.nature.com/articles/0802641>
40. Biong A, Veierød M, Ringstad J, Thelle D, Pedersen J. Intake of milk fat, reflected in adipose tissue fatty acids and risk of myocardial infarction: a case-control study. *Eur J Clin Nutr* [Internet]. 2006 Feb [cited 2021 Sep 8];60(2):236–44. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16267503/>
41. Ruiz-Núñez B, Dijck-Brouwer D, Muskiet F. The relation of saturated fatty acids with low-grade inflammation and cardiovascular disease. *J Nutr Biochem* [Internet]. 2016 Oct 1 [cited 2021 Sep 8];36:1–20. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27692243/>

42. Dabadie H, Motta C, Peuchant E, LeRuyet P, Mendy F. Variations in daily intakes of myristic and α -linolenic acids in sn-2 position modify lipid profile and red blood cell membrane fluidity. *Br J Nutr* [Internet]. 2006 Aug [cited 2021 Sep 8];96(2):283–9. Available from: <https://www.cambridge.org/core/journals/british-journal-of-nutrition/article/variations-in-daily-intakes-of-myristic-and-linolenic-acids-in-sn2-position-modify-lipid-profile-and-red-blood-cell-membrane-fluidity/83AA3871CA89CDD1D0D48CC5B6019203>
43. Hunter J, Zhang J, Kris-Etherton P. Cardiovascular disease risk of dietary stearic acid compared with trans, other saturated, and unsaturated fatty acids: a systematic review. *Am J Clin Nutr* [Internet]. 2010 Jan 1 [cited 2021 Sep 8];91(1):46–63. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19939984/>
44. Milkpoint. O renascimento da gordura láctea (fat reborn) [Internet]. 2020 [cited 2021 Dec 1]. Available from: <https://www.milkpoint.com.br/noticias-e-mercado/giro-noticias/o-renascimento-da-gordura-lactea-221071/>
45. OECD/FAO. Dairy and dairy products. *OECD-FAO Agricultura Outlook 2017-2026* [Internet]. 2017 [cited 2021 Sep 8]. Available from: <http://www.fao.org/3/BT090e/BT090e.pdf>
46. Época. Alimentos que eram tidos como saudáveis e hoje são questionados [Internet]. 2014 [cited 2021 Sep 8]. Available from: <http://cliniadmi.com/noticias/alimentos-que-eram-tidos-como-saudveis-e-hoje-so-questionados,592>
47. Siqueira K. Cresce o consumo de manteiga no mundo - Balde Branco [Internet]. Embrapa Gado de Leite. [cited 2021 Sep 8]. Available from: <https://www.baldebranco.com.br/cresce-o-consumo-de-manteiga-no-mundo/>
48. United States Department of Agriculture. Brazil Dairy, Butter Domestic Consumption by Year (1000 MT) [Internet]. Dairy, Butter. 2021 [cited 2021 Sep 8]. Available from: <https://www.indexmundi.com/agriculture/?country=br&commodity=butter&graph=domestic-consumption>
49. Big Market Research. 2018-2023 Global Buttermilk Consumption Market Report [Internet]. 2018 Aug [cited 2021 Sep 8]. Available from: <https://www.bigmarketresearch.com/2018-2023-global-buttermilk-consumption-report-market>
50. Statista. Buttermilk [Internet]. [cited 2021 Sep 8]. Available from:

- <https://www.statista.com/search/?q=buttermilk+&qKat=newSearchFilter&sortMethod=idrelevance&isRegionPref=-1&sortMethodMobile=idrelevance&statistics=1&accuracy=and&isoregion=0&isocountrySearch=&category=0&interval=0&archive=1>
51. Deosarkar SS, Khedkar CD, Kalyankar SD. Butter: Manufacture. *Encycl Food Heal* [Internet]. 2016 Jan 1 [cited 2019 Aug 22];529–34. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123849472000945>
 52. Rønholt S, Kirkensgaard JJK, Pedersen TB, Mortensen K, Knudsen JC. Polymorphism, microstructure and rheology of butter. Effects of cream heat treatment. *Food Chem* [Internet]. 2012 Dec 1 [cited 2019 Aug 23];135(3):1730–9. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814612009363>
 53. Fox PF, Uniacke-Lowe T, McSweeney PLH, O'Mahony JA. Chemistry and Biochemistry of Fermented Milk Products. In: *Dairy Chemistry and Biochemistry* [Internet]. Cham: Springer International Publishing; 2015 [cited 2018 Jun 19]. p. 547–67. Available from: http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-14892-2_13
 54. Corredig M, Roesch RR, Dalgleish DG. Production of a Novel Ingredient from Buttermilk. *J Dairy Sci* [Internet]. 2003 Sep 1 [cited 2019 Aug 23];86(9):2744–50. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030203738703>
 55. M. Corredig DGD. Isolates from industrial buttermilk: Emulsifying properties of materials derived from the milk fat globule membrane. *J Agric Food Chem*. 1997;45:4595–600.
 56. C. Vanderghem, P. Bodson, S. Danthine, M. Paquot, C. Deroanne CB. Milk fat globule membrane and buttermilks: From composition to valorization. *Biotechnol Agron Société Environ*. 2010;14:485–500.
 57. Rombaut R. VCJ& DK. Phosphoand sphingolipid distribution during processing of milk, butter and whey. *Int J Food Sci Technol*. 2006;41:435–44.
 58. Rao H. Mechanisms of flux decline during ultrafiltration of dairy products and influence of pH on flux rates of whey and buttermilk. *Desalination*. 2002;144:319–24.
 59. Sodini I, Morin P, Olabi A, Jiménez-Flores R. Compositional and functional properties of buttermilk: a comparison between sweet, sour, and whey buttermilk. *J Dairy Sci*. 2006;89:525–36.

60. Surel M, Famelart O. Ability of ceramic membranes to reject lipids of dairy products. *Austr J Dairy Technol.* 1995;50:36–40.
61. Britten M, Lamothe S, Robitaille G. Effect of cream treatment on phospholipids and protein recovery in butter-making process. *Int J Food Sci Technol.* 2008;43:651–7.
62. Mistry V, Metzger L, Maubois J. Use of ultrafiltered sweet buttermilk in the manufacture of reduced fat cheddar cheese. *J Dairy Sci.* 1996;79:1137–45.
63. Morin P, Jiménez-Flores R, Pouliot Y. Effect of Temperature and Pore Size on the Fractionation of Fresh and Reconstituted Buttermilk by Microfiltration. *J Dairy Sci* [Internet]. 2004 Feb 1 [cited 2019 Aug 28];87(2):267–73. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030204731653>
64. Morin P, Pouliot Y, Jiménez-Flores R. A comparative study of the fractionation of regular buttermilk and whey buttermilk by microfiltration. *J Food Eng* [Internet]. 2006 Dec 1 [cited 2019 Aug 28];77(3):521–8. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877405004966>
65. Morin P, Jiménez-Flores R, Pouliot Y. Effect of processing on the composition and microstructure of buttermilk and its milk fat globule membranes. *Int Dairy J* [Internet]. 2007 Oct 1 [cited 2018 Jul 30];17(10):1179–87. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958694607000854>
66. Morin P, Britten M, Jiménez-Flores R, Pouliot Y. Microfiltration of buttermilk and washed cream buttermilk for concentration of milk fat globule membrane components. *J Dairy Sci.* 2007;90:2132–40.
67. Astaire JC, Ward R, German JB, Jiménez-Flores R. Concentration of Polar MFGM Lipids from Buttermilk by Microfiltration and Supercritical Fluid Extraction. *J Dairy Sci* [Internet]. 2003 Jul 1 [cited 2019 Aug 28];86(7):2297–307. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030203738223>
68. Govindasamy-Lucey S, Lin T, Jaeggi JJ, Johnson ME, Lucey JA. Influence of Condensed Sweet Cream Buttermilk on the Manufacture, Yield, and Functionality of Pizza Cheese. *J Dairy Sci* [Internet]. 2006 Feb 1 [cited 2019 Aug 28];89(2):454–67. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030206721099>
69. Vanderghem C, Bodson P, Danthine S, Paquot M, Deroanne C, Blecker C. Milk fat globule membrane and buttermilks: from composition to valorization. *Biotechnol Agron Soc Environ.* 2010;14(3):485–500.

70. Malin EL, Basch JJ, Shieh JJ, Sullivan BC, Holsinger VH. Detection of Adulteration of Buttermilk Powder by Gel Electrophoresis. *J Dairy Sci* [Internet]. 1994 Aug 1 [cited 2019 Aug 23];77(8):2199–206. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030294771629>
71. Schmelz E. Dietary sphingomyelin and other sphingolipids in health and disease. *Br Nutr Found Nutr Bull*. 2000;(25):135–139.
72. Futerman AH HY. The complex life of simple sphingolipids. *EMBO Rep*. 2004;5:777–82.
73. Alessenko A. The role of sphingomyelin cycle metabolites in transmission of signals of cell proliferation, differentiation and death. *Biol Membr*. 1999;16:242–55.
74. Colombaioni L, Garcia-Gil M. Sphingolipid metabolites in neural signalling and function. *Brain Res Rev*. 2004;46:328–55.
75. Hannun Y. The sphingomyelin cycle and the 2nd messenger function of ceramide. *J Biol Chem*. 1994;269:3125–3128.
76. Jajadev S, Liu B, Bielska AE, Lee JY, Nazaire F, Pushkareva MY OL, YA H. Role for ceramide in cell cycle arrest. *J Biol Chem*. 1995;270:2047–52.
77. Sweeney EA, Inokuchi J IY. Inhibition of sphingolipid induced apoptosis by caspase inhibitors indicates that sphingosine acts in an earlier part of the apoptotic pathway than ceramide. *FEBS Lett*. 1998;425:61–5.
78. Spiegel S, Milstien S. Sphingosine-1-phosphate: Signalling inside and out. *FEBS Lett*. 2000;476:55–7.
79. Bibel D, Aly R, Shinefield H. Inhibition of microbial adherence by sphinganine. *Can J Microbiol*. 1992;38:983–985.
80. Fantini, J, Hammache, D, Delezay O, Yahi N, Andrebarres C, Rico-lattes I L, A. Synthetic soluble analogs of galactosylceramide (GalCer) bind to the V3 domain of HIV-1 gp120 and inhibit HIV-1-induced fusion and entry. *J Biol Chem*. 1997;272:7245–52.
81. Pfeuffer M SJ. Dietary sphingolipids: Metabolism and potential health implications. *Kieler Milchwirtschaft Forschungsberichte*. 2001;53(1):31–40.
82. Vesper H, Schmelz EM, Nikolova-Karakashian MN, Dillehay DV LD, AH M. Sphingolipids in food and the emerging importance of sphingolipids to nutrition. *J Nutr*. 1999;129:1239–50.
83. Duivenvoorden I., Voshol PJ., Rensen PCN., Van Duyvenvoorde W. RJ, JJ. E.

- Dietary sphingolipids lower plasma cholesterol and triacylglycerol and prevent liver steatosis in APOE*3Leiden mice. *Am J Clin Nutr.* 2006;84:312–21.
84. Kidd P. Phospholipids: Versatile nutraceutical ingredients for functional foods. *Funct Foods Nutraceuticals.* 2002;12:30–40.
 85. Anand BS., Romero JJ., Sanduja SK. LL. Phospholipid association reduces the gastric mucosal toxicity of aspirin in human subjects. *Am J Gastroenterol.* 1999;94:1818–22.
 86. Carlson SE., Montalto MB., Ponder DL., Werkman SH. KS. Lower incidence of necrotizing enterocolitis in infants fed a preterm formula with egg phospholipids. *Pediatr Res.* 1998;44:491–8.
 87. Blusztajn J. Developmental neuroscience—Choline, a vital amine. *Science* (80-). 1998;281:794–5.
 88. Szuhaj B, Nieuwenhuyzen W. Nutrition and biochemistry of phospholipids. Illinois AOCS Press. 2003;
 89. Cavaletto M, Giuffrida MG CA. Milk fat globule membrane components: a proteomic approach. *Adv Exp Med Biol.* 2008;606:129–41.
 90. Pallesen LT., Andersen MH., Nielsen RL., Berglund L., Petersen TE. R, LK. Purification of MUC1 from bovine milk-fat globules and characterization of a corresponding fulllength cDNA clone. *J Dairy Sci.* 2001;84:2591–2598.
 91. Spitsberg VL., Matitashvili E. GR. Association and coexpression of fatty-acid-binding protein and glycoprotein CD36 in the bovine mammary gland. *Eur J Biochem.* 1995;230:872–8.
 92. Nielsen R, Andersen M, Mabhout P, Berglund L, Petersen T, Rasmussen J. Isolation of adipophilin and butyrophilin from bovine milk and characterization of a cDNA encoding adipophilin. *J Dairy Sci.* 1999;(82):2543–2549.
 93. Rasmussen JT., Berglund L., Rasmussen MS. PT. Assignment of disulfide bridges in bovine CD36. *Eur J Biochem.* 1998;(257):488–94.
 94. Greenwalt D. A one-step procedure for purification of bovine mammary epithelial cell CD36. *Protein Expr Purif.* 1993;4:72–5.
 95. Berglund L, Petersen T, Rasmussen J. Structural characterization of bovine CD36 from the milk fat globule membrane. *Biochim Biophys Acta.* 1996;(1309):63–8.
 96. Campagna S, Cosette P, Molle G, Gaillard J. Evidence for membrane affinity of the C-terminal domain of bovine milk PP3 component. *Biochim Biophys ActaBiomembranes.* 2001;(1513):217–222.

97. Sorensen E, Rasmussen L, Moller L, Petersen T. The localization and multimeric nature of component PP3 in bovine milk: Purification and characterization of PP3 from caprine and ovine milks. *J Dairy Sci.* 1997;(80):3176–3181.
98. Sorensen E, Petersen T. Purification and characterization of 3 proteins isolated from the proteose peptone fraction of bovine milk. *J Dairy Res.* 1993;(60):189–197.
99. Sorensen E, Petersen T. Phosphorylation, glycosylation and amino-acid sequence of component pp3 from the proteose peptone fraction of bovine milk. *J Dairy Res.* (60):535–542.
100. Girardet J, Coddeville B, Plancke Y, Strecker G, Campagna S, Spik G. Structure of glycopeptides isolated from bovine milk component PP3. *Eur J Biochem.* 1995;(234):939–46.
101. Nejjar Y, Paquet D, Aubert F, Linden G. The pp3 component of the proteosepeptone-extraction from unheated skim milk. *Milchwissenschaft-Milk Sci Int.* 1990;(45):84–7.
102. Bash J, Harold M, Farrell J, Greenberg R. Identification of the milk fat globule membrane proteins: I. Isolation and partial characterization of glycoprotein B. *Biochim Biophys Acta.* 1976;(448):589–98.
103. Hvarregaard J, Andersen M, Berglund L, Rasmussen J, Petersen T. Characterization of glycoprotein PAS-6/7 from membranes of bovine milk fat globules. *Eur J Biochem.* 1996;(240):628–36.
104. Kim D, Kanno C, Mizokami Y. Purification and characterization of major glycoproteins, PAS-6 and PAS-7 from bovine milk fat globule membrane. *Biochim Biophys Acta.* 1992;(1122):203–211.
105. Harrison R. Physiological roles of xanthine oxidoreductase. *Drug Metabolism Reviews.* 2004;(36):363–375.
106. Pacher P, Nivorozhkin A, Szabo C. Therapeutic effects of xanthine oxidase inhibitors: renaissance half a century after the discovery of allopurinol. *Pharmacol Rev.* 2006;58(1):87–114.
107. Harrison R. Structure and function of xanthine oxidoreductase: where are we now? *Free Radic Biol Med.* 2002;(33):774–797.
108. Gallier S, Laubscher A, Jiménez-Flores R. The Milk Fat Globule Membrane: Structure, Methodology for its Study, and Functionality. *Food Struct Dig Heal* [Internet]. 2014 Jan 1 [cited 2019 Aug 23];107–42. Available from:

- <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780124046108000049>
109. Aslan M, Ryan TM, Adler B, Townes TM, Parks DA, Thompson JA, Tousson A, Gladwin MT, Patel RP, Tarpey MM, Batinic-Haberle I, White CR FB. Oxygen radical inhibition of nitric oxide-dependent vascular function in sickle cell disease. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2001;98(26):15215–20.
 110. Enroth, C., Eger, B.T., Okamoto, K., Nishino, T., Nishino, T., Pai EF. Crystal structures of bovine milk xanthine dehydrogenase and xanthine oxidase: structure-based mechanism of conversion. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2000;(97):10723–10728.
 111. Bierman, E.L., Shank RE. Homogenized milk and coronary artery disease: theory, not fact. *JAMA*. 1975;(234):630–631.
 112. Oster K. . Role of plasmalogen in heart diseases. *Recent Adv Stud Card Struc Metabol*. 1971;(1):803–813.
 113. Harrison R. Milk xanthine oxidase: properties and physiological roles. *Int Dairy Sci*. 2006;(16):546–554.
 114. Lin C-M, Chen C-S, Chen C-T, Liang Y-C, Lin J-K. Molecular modeling of flavonoids that inhibits xanthine oxidase. *Biochem Biophys Res Commun* [Internet]. 2002 May 31 [cited 2019 Aug 28];294(1):167–72. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006291X02004424>
 115. Masuoka N, Kubo I. Characterization of the xanthine oxidase inhibitory activity of alk(en)yl phenols and related compounds. *Phytochemistry*. 2018;(155):100–6.
 116. Zimmet J, Hare J. Nitroso–redox interactions in the cardiovascular system. *Circulation*. 2006;114(14):1531–4.
 117. Kim N, Choi S, Han E, Hong B, Choi S, Kwon H, et al. The xanthine oxidase-NFAT5 pathway regulates macrophage activation and TLR-induced inflammatory arthritis. *Eur J Immunol*. 2014;44(9):2721–36.
 118. Greenwald R, Freeman G, Sharpe A. The B7 family revisited. *Annu Rev Immunol*. 2005;(23):515–48.
 119. Koulova L, Clark E, Shu G, Dupont B. The CD28 ligand B7/BB1 provides costimulatory signal for alloactivation of CD4+ T cells. *J Exp Med*. 1991;759–62.
 120. Azuma M, Ito D, Yagita H, Okumura K, Phillips JH, Lanier LL SC. Azuma M, Ito D, Yagita H, Okumura K, Phillips JH, Lanier LL, et al. B70 antigen is a second ligand for CTLA-4 and CD28. *Nature*. 1993;366(6450):76–9.
 121. Linsley P, Brady W, Urnes M, Grosmaire L, Damle N, Ledbetter J. CTLA-4 is a

- second receptor for the B cell activation antigen B7. *J Exp Med.* 1991;(174):561–9.
122. Dhanisha S, Guruvayoorappan C, Drishya S, Abeesh P. Mucins: Structural diversity, biosynthesis, its role in pathogenesis and as possible therapeutic targets. *Crit Rev Oncol Hematol.* 2018;122:98–122.
 123. Kumar B, Praharaj A, Budheswar D, Sapna N. Exploring the role and diversity of mucins in health and disease with special insight into non-communicable diseases. *Glycoconj J.* 2015;38(8):575–613.
 124. Bansil R, Turner B. Mucin structure, aggregation, physiological functions and biomedical applications. *Curr Opin Colloid Interface.* 2006;11:164–170.
 125. Hollingsworth M, Swanson B. Mucins in cancer: protection and control of the cell surface. *Nat Rev Cancer.* 2004;4:45–60.
 126. Patton S, Gendler S, Spicer A. The epithelial mucin, MUC1, of milk, mammary gland and other tissues. *Biochem Biophys Acta.* 1995;(1241):407–423.
 127. Andrianifahanana M, Moniaux N, Schmied BM, Ringel J, Friess H, Hollingsworth MA, Büchler MW, Aubert JP BS. Mucin (MUC) gene expression in human pancreatic adenocarcinoma and chronic pancreatitis: a potential role of MUC4 as a tumor marker of diagnostic significance. *Clin Cancer Res.* 2001;7(12):4033–4040.
 128. Arul GS, Moorghen M, Myerscough N, Alderson DA, Spicer RD CA. Mucin gene expression in Barrett's oesophagus: an in situ hybridisation and immunohistochemical study. *Gut.* 2000;47(6):753–761.
 129. Brayman M, Thathiah A, Carson D. MUC1: a multifunctional cell surface component of reproductive tissue epithelia. *Reprod Biol Endocrinol.* 2004;7:2–4.
 130. Buisine MP, Devisme L, Degand P, Dieu MC, Gosselin B, Copin MC, Aubert JP PN. Developmental mucin gene expression in the gastroduodenal tract and accessory digestive glands. II. Duodenum and liver, gallbladder, and pancreas. *J Histochem Cytochem.* 2000;48(12):1667–1676.
 131. Copin M, Buisine M, Devisme L, Leroy X, Escande F, Gosselin B, et al. Normal respiratory mucosa, precursor lesions and lung carcinomas: differential expression of human mucin genes. *Front Biosci.* 2001;6:D1264–D1275.
 132. Gendler S, Spicer A. Epithelial mucin genes. *Annu Rev Physiol.* 1995;57:607–634.
 133. Guillem P, Billeret V, Buisine MP, Flejou JF, Lecomte-Houcke M, Degand P,

- Aubert JP, Triboulet JP PN. Mucin gene expression and cell differentiation in human normal, premalignant and malignant esophagus. *Int J Cancer*. 2000;88(6):856–861.
134. Lan M, Batra S, Qi W, Metzgar R, Hollingsworth M. Cloning and sequencing of a human pancreatic tumor mucin cDNA. *J Biol Chem*. 1990;265:15294–15299.
 135. Ho SB, Shekels LL, Toribara NW, Kim YS, Lyftogt C, Cherwitz DL NG. Mucin gene expression in normal, preneoplastic, and neoplastic human gastric epithelium. *Cancer Res*. 1995;55(12):2681–2690.
 136. Guddo F, Giatromanolaki A, Koukourakis M, Reina C, Vignola A, Chlouverakis G, et al. MUC1 (episialin) expression in nonsmall cell lung cancer is independent of EGFR and cerbB2 expression and correlates with poor survival in node positive patients. *J Clin Pathol*. 1998;51(9):667–671.
 137. Chauhan S, Singh A, Ruiz F, Johansson S, Jain M, Smith L, et al. Aberrant expression of MUC4 in ovarian carcinoma: diagnostic significance alone and in combination with MUC1 and MUC16 (CA125). *Mod Pathol*. 2006;19(10):1386–1394.
 138. Duncan T, Watson N, AlAttar A, Scholefield J, Durrant L. The role of MUC1 and MUC3 in the biology and prognosis of colorectal cancer. *World J Surg Oncol*. 2007;5:31.
 139. Balague C, Audie J, Porchet N, Real F. In situ hybridization shows distinct patterns of mucin gene expression in normal, benign, and malignant pancreas tissues. *Gastroenterology*. 1995;109:953–964.
 140. Apostolopoulos V, McKenzie I. Cellular mucins: targets for immunotherapy. *CritRev Immunol*. 1994;14:293–309.
 141. Hashimoto T, Kusakabe T, Watanabe K, Sugino T, Fukuda T, Nashimoto A, et al. Liver-type fatty acid-binding protein is highly expressed in intestinal metaplasia and in a subset of carcinomas of the stomach without association with the fatty acid synthase status in the carcinoma. *Pathobiology*. 2004;71(3):115–22.
 142. Boiteux G, Lascombe I, Roche E, Plissonnier M, Clairotte A, Bittard H et al. A-FABP, a candidate progression marker of human transitional cell carcinoma of the bladder, is differentially regulated by PPAR in urothelial cancer cells. *Int J Cancer*. 2009;124(8):1820–1828.
 143. Haunerland N, Spener F. Fatty acid-binding proteins—insights from genetic manipulations. *Prog Lipid Res*. 2004;43(4):328–349.

144. Makowski L, Hotamisligil G. The role of fatty acid binding proteins in metabolic syndrome and atherosclerosis. *Curr Opin Lipidol*. 2005;16(5):543–548.
145. Boord J, Maeda K, Makowski L, Babaev V, Fazio S, Linton M, et al. Combined adipocyte-macrophage fatty acid-binding protein deficiency improves metabolism, atherosclerosis, and survival in apolipoprotein E-deficient mice. *Circulation*. 2004;110(11):1492–1498.
146. De Santis M, Hammamieh R, Das R, Jett M. Adipocyte-fatty acid binding protein induces apoptosis in DU145 prostate cancer cells. *J Exp Ther Oncol*. 2004;4(2):91–100.
147. Li H, Li J, Q L, Wang X, Yang H. The study of fatty acid binding protein expression in human breast cancer tissue and its significance. *J Biosci Med*. 2012;(2):1.
148. Kawaguchi K, Senga S, Kubota C, Kawamura Y, Ke Y, Fujii H. High expression of fatty acid-binding protein 5 promotes cell growth and metastatic potential of colorectal cancer cells. *FEBS Open Bio*. 2016;6(3):190–199.
149. Tölle A, Suhail S, Jung M, Jung K, Stephan C. Fatty acid binding proteins (FABPs) in prostate, bladder and kidney cancer cell lines and the use of IL-FABP as survival predictor in patients with renal cell carcinoma. *BMC Cancer*. 2011;11(1):302.
150. Boiteux G, Lascombe I, Roche E, Plissonnier ML, Clairotte A, Bittard H FS. A-FABP, a candidate progression marker of human transitional cell carcinoma of the bladder, is differentially regulated by PPAR in urothelial cancer cells. *Int J Cancer*. 2009;124(8):1820–8.
151. Amiri M, Yousefnia S, Seyed Forootan F, Peymani M, Ghaedi K, Nasr Esfahani M. Diverse roles of fatty acid binding proteins (FABPs) in development and pathogenesis of cancers. *Gene*. 2018;676:171–83.
152. Storch J, Thumser A. The fatty acid transport function of fatty acid-binding proteins. *Biochim Biophys Acta Mol Cell Biol Lipids*. 2000;1486(1):28–44.
153. Park YM. CD36, a scavenger receptor implicated in atherosclerosis. *Exp Mol Med* . 2014;46(6):e99.
154. Abumrad NA, Goldberg IJ. CD36 actions in the heart: Lipids, calcium, inflammation, repair and more? *Biochim Biophys Acta - Mol Cell Biol Lipids* [Internet]. 2016 Oct 1 [cited 2018 Aug 6];1861(10):1442–9. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1388198116300671>
155. Love-Gregory L, Abumrad N. CD36 genetics and the metabolic complications of

- obesity. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2011;14(6):527–534.
156. Mather I. A review and proposed nomenclature for major proteins of the milk-fat globule membrane. *J Dairy Sci*. 2000;83:203–247.
 157. Z Sfeir Z, Ibrahimi A, E Amri E, Grimaldi P, Abumrad N. Regulation of FAT/CD36 gene expression: Further evidence in support of a role of the protein in fatty acid binding/transport. *Prostaglandins Leukot Essent Fat Acids*. 1997;57:17–21.
 158. Greenwalt D, Lipsky R, Ockenhouse C, Ikeda H, N N Tandon N, Jamieson G. Membrane glycoprotein CD36: A review of its role(s) in adherence, signal transduction, and transfusion medicine. *Blood*. 1992;80:1105–15.
 159. Pepino M, Kuda O, Samovski D, Abumrad N. Structure-function of CD36 and importance of fatty acid signal transduction in fat metabolism. *Annu Rev Nutr*. 2014;34:281–303.
 160. Gepner A, Young R, Delaney J, Tattersall M, Blaha M, Post W, et al. Comparison of coronary artery calcium presence, carotid plaque presence, and carotid intima-media thickness for cardiovascular disease prediction in the multi-ethnic study of atherosclerosis. *Circ Cardiovasc*. 2015;8(1):e002262.
 161. Ballesteros I, Cuartero MI, Pradillo JM, de la Parra J, Perez-Ruiz A, Corbi A, Ricote M, Hamilton JA, Sobrado M, Vivancos J, Nombela F, Lizasoain I MM. Rosiglitazone-induced CD36 up-regulation resolves inflammation by PPAR γ and 5-LO-dependent pathways. *J Leukoc Biol*. 2014;95(4):587–598.
 162. Novak M, Thorp E. Shedding light on impaired efferocytosis and nonresolving inflammation. *Circ Res*. 2013;113(1):9–12.
 163. Stuart L, Deng J, Silver J, Takahashi K, Tseng A, Hennessy E, et al. Response to *Staphylococcus aureus* requires CD36-mediated phagocytosis triggered by the COOH-terminal cytoplasmic domain. *J cell Biol*. 2005;170(3):477–485.
 164. Chong BM, Reigan P, Mayle-Combs KD, Orlicky DJ, McManaman JL. Determinants of adipophilin function in milk lipid formation and secretion. *Trends Endocrinol Metab* [Internet]. 2011 Jun 1 [cited 2019 Aug 22];22(6):211–7. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1043276011000683>
 165. McManaman J, Zabaronick W, Schaack J, Orlicky D. Lipid droplet targeting domains of adipophilin. *J Lipid Res*. 2003;44 (4):668–73.
 166. Targett-Adams P, Chambers D, Gledhill S, Hope R, Coy J, Girod A, et al. Live

- cell analysis and targeting of the lipid droplet-binding adipocyte differentiation-related protein. *J Biol Chem*. 2003;278 (18):15998–6007.
167. McManaman J, Russell T, Schaack J, Orlicky D, Robenek H. Molecular determinants of milk lipid secretion. *J Mammary Gland Biol Neoplasia*. 2007;12(4):259–68.
 168. Riccio P. The proteins of the milk fat globule membrane in the balance. *Trends Food Sci Technol*. 2004;(15):458–461.
 169. Vanderghem C, Danthine S, Blecker C, Deroanne C. Effect of proteose-peptone addition on some physico-chemical characteristics of recombined dairy creams. *Int Dairy J* [Internet]. 2007 Aug 1 [cited 2019 Aug 29];17(8):889–95. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0958694606002652>
 170. Innocente N, Biasutti M, Blecker C. HPLC profile and dynamic surface properties of the proteose-peptone fraction from bovine milk and from whey protein concentrate. *Int Dairy J* [Internet]. 2011 Apr 1 [cited 2019 Aug 29];21(4):222–8. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0958694610002529>
 171. Chakraborty S, Bonthu N, Swanson BJ, Batra SK. Role of mucins in the skin during benign and malignant conditions. *Cancer Lett* [Internet]. 2011 Feb 28 [cited 2019 Aug 23];301(2):127–41. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030438351000529X>
 172. Andersen M, Berglund L, Rasmussen J, Petersen T. Bovine PAS-6/7 bind $\alpha V\beta 5$ integrin and anionic phospholipids through two domains. *Biochemistry*. 1997;36:5441–6.
 173. Kamińska A, Enguita FJ, Stępień EŁ. Lactadherin: An unappreciated haemostasis regulator and potential therapeutic agent. *Vascul Pharmacol* [Internet]. 2018 Feb 1 [cited 2019 Aug 23];101:21–8. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1537189117302136?via%3Dihub>
 174. Neutzner M, Lopez T, Feng X, Bergmann-Leitner E, Leitner W, Udey M. MFG-E8/Lactadherin promotes tumor growth in an angiogenesis-dependent transgenic mouse model of multistage carcinogenesis. *Cancer Res*. 2007;67(14):6777–85.
 175. Raymond A, Ensslin M, Shur B. SED1/MFG-E8: a bi-motif protein that orchestrates diverse cellular interactions. *J Cell Biochem*. 2009;106:957–66.
 176. Ait-Oufella H, Kinugawa K, Zoll J, Simon T, Boddaert J, Heeneman S, Blanc-

- Brude O, Barateau V, Potteaux S, Merval R, Esposito B, Teissier E, Daemen MJ, Lesèche G, Boulanger C TA, Mallat Z. Lactadherin deficiency leads to apoptotic cell accumulation and accelerated atherosclerosis in mice. *Circulation*. 2007;115(16):2168–77.
177. Masahisa J, Nakazaki Y, Carrasco D, Draganov D, Souders N, Johnson M, et al. Milk fat globule EGF-8 promotes melanoma progression through coordinated act and twist signaling in the tumor microenvironment. *Cancer Res*. 2008;68(21).
 178. Andersen M, Graversen H, Fedosov S, Petersen T, Rasmussen J. Functional analyses of two cellular binding domains of bovine lactadherine. *Biochemistry*. 2000;39(20):6200–6.
 179. Hanayama R, Tanaka M, Miwa K, Shinohara A, Iwamatsu A, Nagata S. Identification of a factor that links apoptotic cells to phagocytes. *Nature*. 2002;417(6885):182–7.
 180. Silvestre J, Théry C, Hamard G, Boddaert J, Aguilar B, Delcayre A, et al. Lactadherin promotes VEGF-dependent neovascularization. *Nat Med*. 2005;11(5):499–506.
 181. Per capita consumption of buttermilk [Internet]. Statista. 2019 [cited 2021 Dec 1]. Available from: <https://www.statista.com/search/?q=buttermilk+consumption&Search=&qKat=search>
 182. Freixo JM. Caracterização física e química do leiteiro em pó e sua aplicação em uma bebida fermentada [Internet]. [Londrina]: Universidade Estadual de Londrina; 2011 [cited 2021 Sep 9]. Available from: https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UEL_7caeffead3c05527033d77d550a72821
 183. Matos A. Tratamento de resíduos agroindustriais - As atividades agropecuárias e de processamento [Internet]. Viçosa: Fundação Estadual do Meio Ambiente; 2005 [cited 2021 Sep 9]. Available from: <https://www.docsity.com/pt/tratamento-de-residuos-agroindustriais/4712959/>
 184. Astaire JC. Microfiltration and supercritical fluid extraction of buttermilk to concentrate biological lipid messengers. 2002.
 185. Jukkola A, Partanen R, Xiang W, Heino A, Rojas O. Food emulsifiers based on milk fat globule membranes and their interactions with calcium and casein phosphoproteins. *Food Hydrocoll*. 2019;94:30–7.
 186. Le T, Van Camp J, Pascual P, Meesen G, Thienpont N, Messens K, et al. Physical

- properties and microstructure of yoghurt enriched with milk fat globule membrane material. *Int Dairy J.* 2011;(21):798–805.
187. Saffon M, Richard V, Jiménez-Flores R, Gauthier S, Britten M, Pouliot Y. Behavior of heat-denatured whey: buttermilk protein aggregates during the yogurt-making process and their influence on set-type yogurt properties. *Foods.* 2013;2:444–459.
 188. Romeih A, Abdel-Hamid M, Awad AA. The addition of buttermilk powder and transglutaminase improves textural and organoleptic properties of fat-free buffalo yogurt. *J Dairy Sci Technol.* 2014;94:297–309.
 189. Hamed I. Utilization of buttermilk concentrate in the manufacture of functional processed cheese spread. *J Am Sci.* 2010;6:876–882.
 190. Kifah S, Layla A, Baha N. Utilization of concentrated buttermilk in functional processed cheese manufacturing and studying some of its physicochemical properties. *Pakistan J Nutr.* 2014;13:33–37.
 191. Morin P, Pouliot Y, Britten M. Effect of buttermilk made from creams with different heat treatment histories on properties of rennet gels and model cheeses. *J Dairy Sci.* 2008;91:871–882.
 192. Hickey CD, Diehl BWK, Nuzzo M, Millqvist-Feurby A, Wilkinson MG, Sheehan JJ. Influence of buttermilk powder or buttermilk addition on phospholipid content, chemical and bio-chemical composition and bacterial viability in Cheddar style-cheese. *Food Res Int [Internet].* 2017 Dec 1 [cited 2019 Aug 29];102:748–58. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996917306531>
 193. Skryplonek K, Dmytrów I, Mituniewicz-Małek A. The use of buttermilk as a raw material for cheese production. *d. Int J Dairy Technol.* 2019;
 194. Bahrami M, Ahmadi D, Beigmohammadi F, Hosseini F. Mixing sweet cream buttermilk with whole milk to produce cream cheese. *Irish J Agric Food Res.* 2015;54:73–8.
 195. Madenci A, Bilgic L. Effect of whey protein concentrate and buttermilk powders on rheological properties of dough and bread quality. *J Food Qual.* 2014;37:117–124.
 196. ALi AH. Current knowledge of buttermilk: Composition, applications in the food industry, nutritional and beneficial health characteristics. *Int J Dairy Technol.* 2018;

197. Augustin MA, Bhail S, Cheng LJ, Shen Z, Øiseth S, Sanguansri L. Use of whole buttermilk for microencapsulation of omega-3 oils. *J Funct Foods* [Internet]. 2015 Dec 1 [cited 2019 Aug 29];19:859–67. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1756464614000644>
198. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 80, de 13 de agosto de 2020. Edição 157. Seção 1.p.2 [Internet]. Brasil; Available from: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/instrucao-normativa-n-80-de-13-de-agosto-de-2020-272509723>
199. Oliveira D, Fox P, O'Mahony JA. Byproducts from Dairy Processing. *Byprod from Agric Fish Adding Value Food, Feed Pharma Fuels* [Internet]. 2019 Oct 14 [cited 2021 Sep 10];57–106. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/9781119383956.ch4>
200. Rocha-Mendoza D, Kosmerl E, Krentz A, Zhang L, Badiger S, Miyagusuku-Cruzado G, et al. Invited review: Acid whey trends and health benefits. *J Dairy Sci*. 2021 Feb 1;104(2):1262–75.
201. Panghal A, Patidar R, Jaglan S, Chhikara N, Khatkar SK, Gat Y, et al. Whey valorization: current options and future scenario – a critical review. *Nutr & Food Sci*. 2018 May 14;48(3):520–35.
202. Tsermoula P, Khakimov B, Nielsen JH, Engelsen SB. WHEY - The waste-stream that became more valuable than the food product. *Trends Food Sci Technol* [Internet]. 2021 Aug 25 [cited 2021 Sep 10]; Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0924224421005124>
203. Yadav JSS, Yan S, Pilli S, Kumar L, Tyagi RD, Surampalli RY. Cheese whey: A potential resource to transform into bioprotein, functional/nutritional proteins and bioactive peptides. *Biotechnol Adv*. 2015 Nov 1;33(6):756–74.
204. Deeth H, Bansal N. Whey Proteins: An Overview. *Whey Proteins From Milk to Med*. 2019 Jan 1;1–50.
205. Ramos OL, Pereira RN, Rodrigues RM, Teixeira JA, Vicente AA, Malcata FX. Whey and Whey Powders: Production and Uses. *Encycl Food Heal*. 2015 Sep 14;498–505.
206. Modler W. Pioneer paper: Value-added components derived from whey. 2009;
207. Zhu D, Damodaran S. Dairy Lecithin from Cheese Whey Fat Globule Membrane: Its Extraction, Composition, Oxidative Stability, and Emulsifying Properties. *J Am Oil Chem Soc* 2012 902 [Internet]. 2012 Oct 30 [cited 2021 Sep 10];90(2):217–

24. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11746-012-2152-5>
208. Cataldi TRI, Angelotti M, D'Erchia L, Altieri G, Di Renzo GC. Ion-exchange chromatographic analysis of soluble cations, anions and sugars in milk whey. *Eur Food Res Technol*. 2003;216(1):75–82.
209. De Wit J. *Lecturer's Handbook on whey and whey products Ordering*. 1st ed. *Lecturer's handbook on whey and whey products*; 2001.
210. Mullin WJ, Emmons DB. Determination of organic acids and sugars in cheese, milk and whey by high performance liquid chromatography. *Food Res Int*. 1997 Mar 1;30(2):147–51.
211. Gauthier SF, Pouliot Y, Maubois J-L. Growth factors from bovine milk and colostrum: composition, extraction and biological activities. *Lait* [Internet]. 2006 [cited 2021 Sep 10];86(2):99–125. Available from: <http://dx.doi.org/10.1051/lait:2005048>
212. Magan J, O'Callaghan T, Zheng J, Zhang L, Mandal R, Hennessy D, et al. Impact of Bovine Diet on Metabolomic Profile of Skim Milk and Whey Protein Ingredients. *Metabolites* [Internet]. 2019 Dec 1 [cited 2021 Sep 10];9(12). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31861081/>
213. Chatterton DEW, Smithers G, Roupas P, Brodkorb A. Bioactivity of β -lactoglobulin and α -lactalbumin—Technological implications for processing. *Int Dairy J*. 2006 Nov 1;16(11):1229–40.
214. Kelleher SL, Chatterton D, Nielsen K, Lönnerdal B. Glycomacropeptide and α -lactalbumin supplementation of infant formula affects growth and nutritional status in infant rhesus monkeys. *Am J Clin Nutr* [Internet]. 2003 [cited 2020 Dec 3];77(5):1261–8. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12716681/>
215. Barone G, Moloney C, O'Regan J, Kelly AL, O'Mahony JA. Chemical composition, protein profile and physicochemical properties of whey protein concentrate ingredients enriched in α -lactalbumin. *J Food Compos Anal*. 2020 Sep 1;92:103546.
216. Lönnerdal B. Nutritional and physiologic significance of human milk proteins. [Internet]. Vol. 77, *The American journal of clinical nutrition*. Oxford Academic; 2003 [cited 2020 Dec 3]. p. 1537–80. Available from: <https://academic.oup.com/ajcn/article/77/6/1537S/4689886>
217. Bourtourault M, Buléon R, Sampérez S, Jouan P. Effect of proteins from bovine milk serum on the multiplication of human cancerous cells. *C R Seances Soc Biol*

- Fil [Internet]. 1991 [cited 2020 Dec 3];185(5):319–23. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1806191/>
218. Goulding DA, Fox PF, O'Mahony JA. Milk proteins: An overview. *Milk Proteins From Expr to Food*. 2020 Jan 1;21–98.
 219. Groziak SM, Miller GD. Natural bioactive substances in milk and colostrum: Effects on the arterial blood pressure system [Internet]. Vol. 84, *British Journal of Nutrition*. CAB International; 2000 [cited 2020 Dec 3]. p. 119–25. Available from: <https://doi.org/10.1017/S0007114500002348>
 220. FitzGerald RJ, Murray BA, Walsh DJ. Hypotensive Peptides from Milk Proteins. In: *Journal of Nutrition* [Internet]. American Institute of Nutrition; 2004 [cited 2020 Dec 3]. p. 980S–988S. Available from: <http://www.ui.ie/acepeptides>
 221. Ha E, Zemel MB. Functional properties of whey, whey components, and essential amino acids: Mechanisms underlying health benefits for active people (Review) [Internet]. Vol. 14, *Journal of Nutritional Biochemistry*. Elsevier Inc.; 2003 [cited 2020 Dec 3]. p. 251–8. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12832028/>
 222. Haraguchi FK, De Abreu WC, De Paula H. Proteínas do soro do leite: Composição, propriedades nutricionais, aplicações no esporte e benefícios para a saúde humana. *Rev Nutr*. 2006;19(4):479–88.
 223. Ghaly AE, Mahmoud NS, Rushton DG, Arab F. Potential environmental and health impacts of high land application of cheese whey. *Am J Agric Biol Sci*. 2007;2(2):106–17.
 224. JPS V, Padilha P, Silva M. Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/Botucatu - SP. *Eclética Química* [Internet]. 1997 [cited 2021 Sep 11];22:49–66. Available from: <http://www.scielo.br/j/eq/a/8QYrd8YdJNYZ6SmTFyyJtRx/?lang=pt>
 225. Carvalho F, Prazeres AR, Rivas J. Cheese whey wastewater: Characterization and treatment. *Sci Total Environ*. 2013 Feb 15;445–446:385–96.
 226. Mockaitis G, Ratusznei S, Rodrigues J, Zaiat M, Foresti E. Anaerobic whey treatment by a stirred sequencing batch reactor (ASBR): effects of organic loading and supplemented alkalinity. *J Environ Manage* [Internet]. 2006 [cited 2021 Sep 11];79(2):198–206. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16202504/>
 227. Kosseva M, Panesar P, Kaur G, Kennedy J. Use of immobilised biocatalysts in the

- processing of cheese whey. *Int J Biol Macromol* [Internet]. 2009 Dec 1 [cited 2021 Sep 11];45(5):437–47. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19766668/>
228. Panesar P, Kumari S, Panesar R. Biotechnological approaches for the production of prebiotics and their potential applications. *Crit Rev Biotechnol* [Internet]. 2013 Dec [cited 2021 Sep 11];33(4):345–64. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22985065/>
 229. Leite L, Gullón B, Rocha J, Kückelhaus S. Papel da microbiota na manutenção da fisiologia gastrointestinal: uma revisão da literatura. *Bol Inf Geum* [Internet]. 2014 Jun 30 [cited 2021 Sep 12];5(2):54. Available from: <https://revistas.ufpi.br/index.php/geum/article/view/1884>
 230. Fiocchi C, Souza HSP de. Microbiota intestinal: sua importância e função. *J bras med*. 2012;100(3):30–8.
 231. Salminen S, Collado MC, Endo A, Hill C, Lebeer S, Quigley EMM, et al. The International Scientific Association of Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of postbiotics. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol* 2021 189 [Internet]. 2021 May 4 [cited 2021 Sep 12];18(9):649–67. Available from: <https://www.nature.com/articles/s41575-021-00440-6>
 232. WHO, FAO. Probiotics in food Health and nutritional properties and guidelines for evaluation . Food Agric Organ United Nations. 2006;
 233. Bull M, Plummer S, Marchesi J, Mahenthiralingam E. The life history of *Lactobacillus acidophilus* as a probiotic: a tale of revisionary taxonomy, misidentification and commercial success. *FEMS Microbiol Lett* [Internet]. 2013 Dec [cited 2021 Sep 12];349(2):77–87. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24152174/>
 234. Anjum N, Maqsood S, Masud T, Ahmad A, Sohail A, Momin A. *Lactobacillus acidophilus*: characterization of the species and application in food production. *Crit Rev Food Sci Nutr* [Internet]. 2014 [cited 2021 Sep 12];54(9):1241–51. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24499153/>
 235. Moshiri M, Dallal M, Rezaei F, Douraghi M, Sharifi L, Noroozbabaei Z, et al. The Effect of *Lactobacillus acidophilus* PTCC 1643 on Cultured Intestinal Epithelial Cells Infected with *Salmonella enterica* serovar Enteritidis. *Osong public Heal Res Perspect* [Internet]. 2017 [cited 2021 Sep 12];8(1):54–60. Available from:

- <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28443224/>
236. Gallina DA, Alves ATS e, Trento FKH de S, Carusi J. Caracterização de Leites Fermentados Com e Sem Adição de Probióticos e Prebióticos e Avaliação da Viabilidade de Bactérias Láticas e Probióticas Durante a Vida-de-Prateleira. *Unopar Cient Ciencias Biol e da Saude*. 2011;13(4):239–44.
 237. Mantovani FD, Kimura AB, Lima KC de, Souza CHB de, Santana EHW de, Aragon-Alegro LC. Bebida e Sobremesas Lácteas Probióticas: Viabilidade de *Lactobacillus Casei* Nos Produtos e Sua Resistência em Condições Simuladas do Trato Gastrointestinal Humano. Vol. 1, *Proceedings of the XII Latin American Congress on Food Microbiology and Hygiene*. São Paulo: Editora Edgard Blucher, Ltda.; 2014. p. 447–8.
 238. Eizaguirre I, Urkia N, Asensio A, Zubillaga I, Zubillaga P, Vidales C, et al. Probiotic supplementation reduces the risk of bacterial translocation in experimental short bowel syndrome. *J Pediatr Surg* [Internet]. 2002 [cited 2021 Sep 12];37(5):699–702. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11987081/>
 239. Collado M, Isolauri E, Salminen S, Sanz Y. The impact of probiotic on gut health. *Curr Drug Metab* [Internet]. 2009 Jan 3 [cited 2021 Sep 12];10(1):68–78. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19149514/>
 240. Chen H, Hoover D. Bacteriocins and their Food Applications. *Compr Rev food Sci food Saf* [Internet]. 2003 Jul [cited 2021 Sep 12];2(3):82–100. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33451234/>
 241. De Vuyst L, Leroy F. Bacteriocins from lactic acid bacteria: production, purification, and food applications. *J Mol Microbiol Biotechnol* [Internet]. 2007 Sep [cited 2021 Sep 12];13(4):194–9. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17827969/>
 242. Shah NP. Functional cultures and health benefits. *Int Dairy J*. 2007 Nov 1;17(11):1262–77.
 243. Temmerman R, Pot B, Huys G, Swings J. Identification and antibiotic susceptibility of bacterial isolates from probiotic products. *Int J Food Microbiol* [Internet]. 2003 Feb 25 [cited 2021 Sep 12];81(1):1–10. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12423913/>
 244. Gibson GR, Hutkins R, Sanders ME, Prescott SL, Reimer RA, Salminen SJ, et al. Expert consensus document: The International Scientific Association for

- Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol* 2017 148 [Internet]. 2017 Jun 14 [cited 2021 Sep 12];14(8):491–502. Available from: <https://www.nature.com/articles/nrgastro.2017.75>
245. Scott KP, Grimaldi R, Cunningham M, Sarbini SR, Wijeyesekera A, Tang MLK, et al. Developments in understanding and applying prebiotics in research and practice—an ISAPP conference paper. *J Appl Microbiol* [Internet]. 2020 Apr 1 [cited 2021 Sep 12];128(4):934–49. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jam.14424>
 246. Rosa MC, Carmo MRS, Balthazar CF, Guimarães JT, Esmerino EA, Freitas MQ, et al. Dairy products with prebiotics: An overview of the health benefits, technological and sensory properties. *Int Dairy J*. 2021 Jun 1;117:105009.
 247. Ashwini A, Ramya HN, Ramkumar C, Reddy KR, Kulkarni R V., Abinaya V, et al. Reactive mechanism and the applications of bioactive prebiotics for human health: Review. *J Microbiol Methods*. 2019 Apr 1;159:128–37.
 248. W A, S R. Functional and therapeutic potential of inulin: A comprehensive review. *Crit Rev Food Sci Nutr* [Internet]. 2019 Jan 2 [cited 2021 Sep 12];59(1):1–13. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28799777/>
 249. Shoaib M, Shehzad A, Omar M, Rakha A, Raza H, Sharif H, et al. Inulin: Properties, health benefits and food applications. *Carbohydr Polym* [Internet]. 2016 Aug 20 [cited 2021 Sep 12];147:444–54. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27178951/>
 250. Balthazar CF, Silva HLA, Esmerino EA, Rocha RS, Moraes J, Carmo MAV, et al. The addition of inulin and *Lactobacillus casei* 01 in sheep milk ice cream. *Food Chem*. 2018 Apr 25;246:464–72.
 251. Balthazar CF, Conte Júnior CA, Moraes J, Costa MP, Raices RSL, Franco RM, et al. Physicochemical evaluation of sheep milk yogurts containing different levels of inulin. *J Dairy Sci*. 2016 Jun 1;99(6):4160–8.
 252. Speranza B, Campaniello D, Monacis N, Bevilacqua A, Sinigaglia M, Corbo M. Functional cream cheese supplemented with *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* DSM 10140 and *Lactobacillus reuteri* DSM 20016 and prebiotics. *Food Microbiol* [Internet]. 2018 Jun 1 [cited 2021 Sep 12];72:16–22. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29407393/>
 253. Wunsch N-G. Health food market size 2016-2021 [Internet]. Statista. 2020 [cited

- 2021 Aug 30]. Available from: <https://www.statista.com/statistics/502267/global-health-and-wellness-food-market-value/>
254. Tárrega A, Costell E. Effect of inulin addition on rheological and sensory properties of fat-free starch-based dairy desserts. *Int Dairy J*. 2006 Sep 1;16(9):1104–12.
 255. de Sousa ERB, Camilo YMV, Vera R. Cagaita—*Eugenia dysenterica*. *Exot Fruits*. 2018 Jan 1;77–83.
 256. Martinotto C, Paiva R, Santos BR, Soares FP, Nogueira RC, Silva ÁAN. Efeito da escarificação e luminosidade na germinação in vitro de sementes de cagaiteira (*Eugenia dysenterica* DC.). *Ciência e Agrotecnologia* [Internet]. 2007 Dec [cited 2021 Sep 8];31(6):1668–71. Available from: <http://www.scielo.br/j/cagro/a/9V9scpG4HSpYkvyjsGmDBrm/?lang=pt>
 257. de Brito MA, Pereira EBC, Pereira AV, Ribeiro JF. Cagaita (*Eugenia dysenterica*): biology and management. 2003;
 258. Almeida SP de., Proença CEB, Sano SM. Cerrado : espécies vegetais úteis. 1998;464.
 259. Silva R, Chaves L, Naves R. Caracterização de frutos e árvores de cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) no Sudeste do Estado de Goiás, Brasil. *Rev Bras Frutic* [Internet]. 2001 Aug [cited 2021 Sep 8];23(2):330–4. Available from: <http://www.scielo.br/j/rbf/a/BnHCbtMNsZHQk4rvGjYJp8J/abstract/?lang=pt>
 260. Sano SM, Fonseca CEL da, Ribeiro JF, Oga FM, Luiz AJB. Folhagem, floração, frutificação e crescimento inicial da cagaiteira em Panaltina, DF. *Pesqui Agropecuária Bras* [Internet]. 1995 Jan 1 [cited 2021 Sep 8];30(1):5–14. Available from: <https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/4268>
 261. Cecílio A, de Faria D, Oliveira P, Caldas S, de Oliveira D, Sobral M, et al. Screening of Brazilian medicinal plants for antiviral activity against rotavirus. *J Ethnopharmacol* [Internet]. 2012 Jun 14 [cited 2021 Sep 8];141(3):975–81. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22469769/>
 262. Couto R, Valgas A, Bara MT, Paula JR. Caracterização físico-química do pó das folhas de *Eugenia dysenterica* DC (Myrtaceae). *Rev Eletrônica Farmácia*. 2009 Oct 6;6(3).
 263. Vieira RF, Martins M. Genetic resources of Brazilian Cerrado medicinal plants. *R Bras Plant Med*. 2000;3(1):13–36.
 264. Costa T, Fernandes O, Santos S, Oliveira C, Lião L, Ferri P, et al. Antifungal

- activity of volatile constituents of *Eugenia dysenterica* leaf oil. J Ethnopharmacol [Internet]. 2000 Sep 1 [cited 2021 Sep 8];72(1–2):111–7. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10967461/>
265. Camilo YMV. Avaliação de cagaiteiras (*Eugenia dysenterica* DC.) cultivadas no município de Goiânia, GO [Internet]. [Goiânia]: Universidade Federal de Goiás; 2015 [cited 2021 Sep 8]. Available from: <http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/4692>
 266. Proença CE., Gibbs PE. Reproductive Biology of Eight Sympatric Myrtaceae from Central Brazil on JSTOR. New Phytol [Internet]. 1994 Feb [cited 2021 Sep 8];126(2):343–54. Available from: <https://www.jstor.org/stable/2557958>
 267. Silva J da, Silva D da, Junqueira N, Andrade L de. Coleta de sementes, produção de mudas e plantio de espécies frutíferas nativas dos cerrados: informações exploratórias. - Portal Embrapa [Internet]. Vol. 44. EMBRAPA-CPAC; 1992 [cited 2021 Sep 8]. p. 23. Available from: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/548655/coleta-de-sementes-producao-de-mudas-e-plantio-de-especies-frutiferas-nativas-dos-cerrados-informacoes-exploratorias>
 268. Camilo YMV, Souza ERB de, Vera R, Naves RV. Fenologia, produção e precocidade de plantas de *Eugenia dysenterica* visando melhoramento genético. Rev Ciências Agrárias [Internet]. 2019 Jan 3 [cited 2021 Sep 8];36(2):192–8. Available from: <https://revistas.rcaap.pt/rca/article/view/16297>
 269. De Souza E. Fenologia, dados biométricos, nutrição de plantas e qualidade de frutos de ... - Google Books [Internet]. [Goiânia]: Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia; 2006 [cited 2021 Sep 8]. Available from: https://www.google.com.br/books/edition/Fenologia_dados_biométricos_nutrição/-9jnZwEACAAJ?hl=pt-BR
 270. Zucchi MI, Brondani RPY, Pinheiro JB, Chaves LJ, Coelho ASG, Vencovsky R. Genetic structure and gene flow in *Eugenia dysenterica* DC in the Brazilian Cerrado utilizing SSR markers. Genet Mol Biol [Internet]. 2003 [cited 2021 Sep 8];26(4):449–57. Available from: <http://www.scielo.br/j/gmb/a/cGS5KnCMtt548RkrSQP7gvS/?lang=en>
 271. Naves RV, Neto JX de A, Rocha MR da, Borges JD, Carvalho GC, Chaves LJ, et al. Determinação de características físicas em frutos e teor de nutrientes, em folhas e no solo, de três espécies frutíferas de ocorrência natural nos Cerrados de Goiás. Pesqui Agropecuária Trop [Internet]. 2007 Jul [cited 2021 Sep 8];25(2):107–14.

- Available from: <https://www.revistas.ufg.br/pat/article/view/2913>
272. Almeida S, Silva J, Ribeiro J. Aproveitamento alimentar de espécies nativas dos cerrados: araticum, baru, cagaita e jatobá. EMBRAPA-CPAC, editor. Vol. 26. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados; 1987. 83 p.
 273. Camilo YMV, Souza ERB de, Vera R, Naves RV. Caracterização de frutos e seleção de progênies de cagaiteiras (*Eugenia dysenterica* DC.). Científica [Internet]. 2014;42(1):1. Available from: <http://www.cientifica.org.br/index.php/cientifica/article/view/1984-5529.2014v42n1p001-010>
 274. Bedetti S de F, Cardoso L de M, Santos PRG, Dantas MI de S, Sant'ana HMP. Néctar de cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.): Desenvolvimento, caracterização microbiológica, sensorial, química e estudo da estabilidade. Bol do Cent Pesqui Process Aliment [Internet]. 2013 Jul 12 [cited 2021 Sep 8];31(1):125–38. Available from: <https://revistas.ufpr.br/alimentos/article/view/32709>
 275. Rizzini CT. Aspectos ecológicos da regeneração em algumas plantas de cerrado. Simpósio Sobre O Cerrado, Blucher. 2014;5.
 276. Lorenzi H. Árvores Brasileiras. Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil [Internet]. Nova Odessa, SP: Plantarum; 1992 [cited 2021 Sep 8]. 385 p. Available from: <http://aeaesp.com.br/wp-content/uploads/2019/09/Árvores-Brasileiras-Lorenzi-volume-1-compactado.pdf>
 277. Jorge N, Luzia DMM, Bertanha BJ. *Eugenia dysenterica* DC: Actividad antioxidante, Perfil de ácidos grasos y determinación de tocoferoles. Scopus [Internet]. 2010 Jun 1 [cited 2021 Sep 8];37(2):208–14. Available from: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/71709>
 278. Roesler R, Malta LG, Carrasco LC, Holanda RB, Sousa CAS, Pastore GM. Atividade antioxidante de frutas do cerrado. Ciência e Tecnol Aliment. 2007;27(1):53–60.
 279. Almeida S de. Cerrado: aproveitamento alimentar [Internet]. Embrapa Cerrados; 1998 [cited 2021 Sep 8]. Available from: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/558643/cerrado-aproveitamento-alimentar>
 280. Calbo M, Lima J, Calbo A. Fisiologia pós-colheita de frutos de cagaiteira. Rev Bras Fisiol Veg. 1990;25(2):15–8.
 281. Chaves LJ, Telles MP de C. Cagaita. Frutas Nativas da Região Centro-Oeste do

- Brasil. In: 1st ed. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa ; 2006 [cited 2021 Sep 7]. p. 118–34. Available from: <http://www.cenargen.embrapa.br>
282. Silva MR, Lacerda DBCL, Santos GG, Martins DM de O. Caracterização química de frutos nativos do cerrado. *Ciência Rural*. 2008;38(6):1790–3.
 283. Em C, Nativas F, Cerrado DO, Rocha WS, Lopes RM, Barbosa D, et al. Compostos Fenólicos Totais E Taninos Total Phenolics and Condensed Tannins in Native Fruits. *Rev Bras Frutic*. 2011;33(4):1215–21.
 284. Pfrimer RT. Desenvolvimento e Avaliação de Bebida lácta fermentada acrescida de leiteiro e saborizada com polpa de cagaita (*Eugenia dysenterica*). [Goiânia]: Universidade Federal de Goiás; 2018.
 285. Burton BT. Nutrição Humana [Internet]. São Paulo: Mc Graw-Hill do Brasil; 1976 [cited 2021 Sep 8]. Available from: <https://www.traca.com.br/livro/44095/>
 286. Cunningham-Rundles S, McNeeley D, Moon A. Mechanisms of nutrient modulation of the immune response. *J Allergy Clin Immunol* [Internet]. 2005 [cited 2021 Sep 8];115(6):1119–28. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15940121/>
 287. Franco T. Tabela de Composição de Alimentos. In: 9th ed. São Paulo: Atheneu; 1982.
 288. Cozzolino S. Biodisponibilidade de nutrientes. São Paulo; 2007. p. 67–175.
 289. Ohms U. Electrolytes, water, and acid -base balance. 9th ed. AC SMOJSMR, editor. Baltimore: Modern Nutrition in Health and Disease; 1999. 105–139 p.
 290. Ribeiro E. Atividade antioxidante e polifenóis totais do fruto de cagaita (*Eugenia dysenterica* DC) com e sem casca. Rio de Janeiro; 2011.
 291. Almeida S de. Frutas nativas do cerrado: caracterização físico-química e fonte potencial de nutrientes. In: Cerrado: ambiente e flora. Planaltina: EMBRAPA-CPAC; 1998. p. 247–85.
 292. Vieira RF, Agostini-Costa TDS, Silva DB, Sano SM FF. Futas Nativas da Região Centro-Oeste do Brasil. In Brasília, DF: Embrapa Informações Tecnológicas; 2010. p. 322.
 293. Santos GMN. Avaliação de polpa de cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) submetida ao congelamento e atomização. 2015; Available from: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/5528/5/Dissertação - Mara Núbia Guimarães dos Santos - 2015.pdf>
 294. Soares SE. Ácidos fenólicos como antioxidantes. *Rev Nutr* [Internet]. 2002 [cited

- 2021 Sep 8];15(1):71–81. Available from: <http://www.scielo.br/j/rn/a/mZxTyVMspZY9WJgC7SSFnbnh/abstract/?lang=pt>
295. Freire JM, Abreu CMP de, Rocha DA, Corrêa AD, Marques NR. Quantificação de compostos fenólicos e ácido ascórbico em frutos e polpas congeladas de acerola, caju, goiaba e morango. *Ciência Rural* [Internet]. 2013 Dec [cited 2021 Sep 8];43(12):2291–5. Available from: <http://www.scielo.br/j/cr/a/fVFzjJDWjDXpKvCvxdZmbKH/?lang=pt&format=html>
 296. Barbosa KBF, Costa NMB, Alfenas R de CG, De Paula SO, Minim VPR, Bressan J. Estresse oxidativo: conceito, implicações e fatores modulatórios. *Rev Nutr* [Internet]. 2010 Jul [cited 2021 Sep 8];23(4):629–43. Available from: <http://www.scielo.br/j/rn/a/Fvg4wkYjZPgsFs95f4chVjx/?lang=pt>
 297. dos Santos GM, Maia GA, de Sousa PHM, da Costa JMC, de Figueiredo RW, do Prado GM. Correlação entre atividade antioxidante e compostos bioativos de polpas comerciais de açaí (*Euterpe oleracea* Mart). *Arch latinoam nutr* [Internet]. 2008 [cited 2021 Sep 8];58(2):187–92. Available from: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222008000200011
 298. Miranda C de. Atividade antioxidante de óleos essenciais de diversas plantas. Universidade Federal de Lavras; 2010.
 299. Manach C, Scalbert A, Morand C, Rémésy C, Jiménez L. Polyphenols: food sources and bioavailability. *Am J Clin Nutr* [Internet]. 2004 [cited 2021 Sep 8];79(5):727–47. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15113710/>
 300. Gupta V, Kumria R, Garg M, Gupta M. Recent updates on free radicals scavenging flavonoids: an overview. *Asian J Plant Sci*. 2010;9(3):108–17.
 301. Farias KS, Santos TSN, Paiva MRAB, Almeida SML, Guedes PT, Vianna AC., et al. Antioxidant properties of species from the Brazilian cerrado by different assays. *Rev Bras Plantas Med* [Internet]. 2013 [cited 2021 Sep 8];15(4):520–8. Available from: <http://www.scielo.br/j/rbpm/a/54tBygkqbHTqwTz5RcWKXJb/?lang=en>
 302. Ali SS, Kasoju N, Luthra A, Singh A, Sharanabasava H, Sahu A, et al. Indian medicinal herbs as sources of antioxidants. *Food Res Int*. 2008 Jan 1;41(1):1–15.
 303. Gonçalves ADSS, Lajolo F, Genovese M. Chemical composition and antioxidant/antidiabetic potential of Brazilian native fruits and commercial frozen pulps. *J Agric Food Chem* [Internet]. 2010 [cited 2021 Aug 31];58(8). Available

- from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20337450/>
304. Rufino M do SM, Alves RE, de Brito ES, Pérez-Jiménez J, Saura-Calixto F, Mancini-Filho J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. *Food Chem.* 2010 Aug 15;121(4):996–1002.
 305. Wilson J. Regulation of vitamin C transport. *Annu Rev Nutr* [Internet]. 2005 [cited 2021 Sep 8];25:105–25. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16011461/>
 306. Özyürek M, Güçlü K, Bektaşoğlu B, Apak R. Spectrophotometric determination of ascorbic acid by the modified CUPRAC method with extractive separation of flavonoids–La(III) complexes. *Anal Chim Acta.* 2007 Apr 4;588(1):88–95.
 307. Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância. Resolução de Diretoria Colegiada - RDC nº 269 de 22 de setembro de 2005. *Diário Oficial da União* nº 184, de 23 de setembro de 2005. ANVISA - Agência Nac Vigilância Sanitária. 2005;6.
 308. Khalid I, Khan A, Muzaffar M, Khan A. Biological Significance of Ascorbic Acid (Vitamin C) in Human Health - A Review. *Pakistan J Nutr.* 2003 Dec 15;3(1):5–13.
 309. Silva MR, Júnior RT de OS, Ferreira CC da C. Estabilidade da vitamina C em cagaita in natura e durante a estocagem da polpa e refresco. *Pesqui Agropecuária Trop* [Internet]. 2008 Apr 1 [cited 2021 Sep 7];53–8. Available from: <https://www.revistas.ufg.br/pat/article/view/3628>
 310. Segantini DM, Leonel S, Lima GPP, Costa SM, Ramos ARP. Caracterização da polpa de pêssegos produzidos em São Manuel-SP. *Ciência Rural* [Internet]. 2012;42(1):52–7. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782012000100009&lng=pt&tlng=pt
 311. Vargas-Murga L, de Rosso V V., Mercadante AZ, Olmedilla-Alonso B. Fruits and vegetables in the Brazilian Household Budget Survey (2008–2009): carotenoid content and assessment of individual carotenoid intake. *J Food Compos Anal.* 2016 Jul 1;50:88–96.
 312. Santos GM, Maia GA, Sousa PHM, Figueiredo RW, Costa JMC, Fonseca AVV. Atividade antioxidante e correlações com componentes bioativos de produtos comerciais de cupuaçu. *Ciência Rural.* 2010;40(7):1636–42.
 313. Canuto GAB, Xavier AAO, NEVES LC, Benassi MT. Physical and chemical

- characterization of fruit pulps from Amazonia and their correlation to free radical scavenger activity. *Rev Bras Frutic* [Internet]. 2010;32(4):1196–205. Available from:
<http://www.scielo.br/pdf/rbf/2010nahead/AOP12910.pdf%0Ahttps://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-79952296956&partnerID=40&md5=1ae159309ea3b7b6df56505563c6ff2f>
314. Da Silva LMR, Maia GA, De Figueiredo RW, De Sousa PHMH, Da Costa Gonzaga ML, De Figueiredo EAT. Estudo do comportamento reológico de polpas de caju (*Anacardium occidentale*, L.), acerola (*Malpighia emarginata*, D.C.) e manga (*Mangifera indica*, L.). *Semin Agrar*. 2012;33(1):237–48.
 315. Temóteo J, Gomes E, da Silva E, Correia A, Sousa J. Avaliação de vitamina C, acidez e pH em polpas de acerola, cajá e goiaba de uma marca comercializada em Maceió - Alagoas. 2012;(2001). Available from:
<http://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/viewFile/3615/3078>
 316. Scherer R, Rybka ACP, Godoy HT. Determinação simultânea dos ácidos orgânicos tartárico, málico, ascórbico e cítrico em polpas de acerola, açaí e caju e avaliação da estabilidade em sucos de caju. *Quim Nova* [Internet]. 2008 [cited 2021 Sep 7];31(5):1137–40. Available from:
<http://www.scielo.br/j/qn/a/LwstLDC6nDvRvBjRC9qDq5q/?lang=pt>
 317. de Assis RC, de Lima Gomes Soares R, Siqueira ACP, de Rosso VV, de Sousa PHM, Mendes AEP, et al. Determination of water-soluble vitamins and carotenoids in Brazilian tropical fruits by High Performance Liquid Chromatography. *Heliyon*. 2020 Oct 1;6(10):e05307.
 318. Schwartz G. Jatoba—*Hymenaea courbaril*. *Exot Fruits*. 2018 Jan 1;257–61.
 319. Costa JMC, Oliveira DM, Costa LEC. Macauba Palm—*Acrocomia aculeata*. *Exot Fruits*. 2018 Jan 1;297–304.
 320. Zanatta CF, Mercadante AZ. Carotenoid composition from the Brazilian tropical fruit camu–camu (*Myrciaria dubia*). *Food Chem*. 2007 Jan 1;101(4):1526–32.
 321. Albers N, Gotterbarm G, Heimbeck W, Keller T, Seehawer J, Tran TD. Vitamins in animal nutrition. . *Arbeitsgemeinschaft für Wirkstoffe, in der Tierernährung e.V. (AWT)*, editors. Agrimedia GmbH; 2002.
 322. Kusano C, Ferrari B, Aparecida E, Da F, Torres S. Novos compostos dietéticos com propriedades anticarcinogênicas New dietetic compounds with anticarcinogenic properties. *Rev Bras Cancerol*. 2002;48(3):375–82.

323. Olmedilla Alonso B, Granado Lorenzo F, Blanco Navarro I. Carotenoides y salud humana. 2001;
324. Karakaya S. Bioavailability of phenolic compounds. *Crit Rev Food Sci Nutr* [Internet]. 2004 [cited 2021 Sep 7];44(6):453–64. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15615428/>
325. Podsadek A. Natural antioxidants and antioxidant capacity of Brassica vegetables: A review. *LWT - Food Sci Technol*. 2007 Jan;40(1):1–11.
326. Min K, Ebeler S. Flavonoid effects on DNA oxidation at low concentrations relevant to physiological levels. *Food Chem Toxicol* [Internet]. 2008 Jan [cited 2021 Sep 7];46(1):96–104. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17707569/>
327. Li L, Ng T, Gao W, Li W, Fu M, Niu S, et al. Antioxidant activity of gallic acid from rose flowers in senescence accelerated mice. *Life Sci* [Internet]. 2005 May 27 [cited 2021 Sep 7];77(2):230–40. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15862607/>
328. Valko M, Leibfritz D, Moncol J, Cronin M, Mazur M, Telser J. Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. *Int J Biochem Cell Biol* [Internet]. 2007 [cited 2021 Sep 7];39(1):44–84. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16978905/>
329. Rodrigues S, De Brito ES, Silva E de O, editors. *Exotic Fruits*. Exotic Fruits. Elsevier; 2018. 1–466 p.
330. Baliga MS, Shivashankara AR, Venkatesh S, Bhat HP, Palatty PL, Bhandari G, et al. Phytochemicals in the Prevention of Ethanol-Induced Hepatotoxicity: A Revisit. *Diet Interv Liver Dis Foods, Nutr Diet Suppl*. 2019 Jan 16;79–89.
331. Innis S. Polyunsaturated fatty acids in human milk: an essential role in infant development. *Adv Exp Med Biol* [Internet]. 2004 [cited 2021 Sep 8];554:27–43. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15384565/>

ANEXO I

Carta aberta

Alguns diriam que a pós-graduação é para os fortes. Eu digo que a pós-graduação é dos inocentes ou loucos. E claro que não estou considerando doutorandos inocentes! Mas não é uma loucura qualquer, é uma loucura racional, adquirida ao longo de dois anos de Mestrado que ora pareciam ser seis meses e ora parecia uma jornada interminável.

Quando entramos na pós-graduação, conseguimos visualizar a dimensão do nosso projeto, mas talvez com um alto grau de miopia. E dependendo, até com o combo miopia e astigmatismo. É cômico lembrar de como víamos o mundo arco-íris do projeto no início da pós e comparar com a realidade que nos cerca ao longo do percurso.

Dizem a pós-graduação faz a gente liberar adrenalina. E realmente, quando chegamos na metade do caminho, sentimos a adrenalina tomar conta do nosso organismo e lutar nem sempre é a escolha inicial. Fugir é a palavra-chave e predominante na época de Seminários Aplicados, que a priori achamos que é algo estrondoso, grandioso, tenebroso (mas, mal sabemos o que está por vir ao iniciar nossos amados projetos de pesquisa). O típico caso da vida de ser feita de comparações. Nada era tão exigente na graduação como agora na pós. E nada será tão exigente fisicamente, emocionalmente e mentalmente quanto o desenvolvimento do nosso projeto.

Imaginamos diversas possibilidades para fugir sem desonrar o nosso orientador ou orientadora e para devolver todo o dinheiro da bolsa que até então já ganhamos. Pensamos no objetivo específico, determinamos a metodologia e estratégia de ação, pontuamos os impactos e resultados esperados e estruturamos o orçamento da nossa fuga. E, decidimos continuar.

Continuamos e vivemos vários momentos de desespero e vários momentos de esperança. A saga da pesquisa já é conhecida. Tudo dá errado e tudo dá certo. Como isso se encaixa em uma mesma frase jamais entenderei, mas é o que acontece. E com todas as opções alternativas mapeadas internamente. Tentamos e lutamos pelo plano inicial, talvez pelo amor ao projeto. Temos a visão do macro e micro. Pelo macro conseguimos visualizar alternativas, e com a visão micro executamos alguma alternativa, e isso acontece de forma constante, ao longo dessa jornada. Precisamos pensar rápido, resolver rápido, modificar e revirar o projeto de forma rápida, se tudo “der errado”. Somos uma linda metamorfose ambulante ao longo da pós-graduação. Mas às vezes são tantas, que você precisa de calma para analisar por qual está passando.

A pós-graduação, para bons entendedores, nos chama para ter inteligência não só no campo mental, mas especialmente, no emocional. Nossa inteligência emocional, ao final dessa jornada e depois de alinhada e entendida é linda, aguçada e bem estruturada.

No final da jornada, com a pós-graduação, ganhamos ou reafirmamos valiosas características: a de ser persistente e a de ser resiliente.

CAPÍTULO 2 – DESENVOLVIMENTO DE SORVETE FUNCIONAL

RESUMO

A percepção e conscientização de que o sorvete apresenta rica composição nutricional e seu consumo traz benefícios à saúde humana, pode ser impulsionada ao incrementar nesse alimento, ingredientes como soro e leiteiro, que não só melhoram aspectos na tecnologia de produção como nos aspectos nutritivos e funcionais desse alimento. Objetivou-se desenvolver e caracterizar diferentes formulações de sorvete utilizando concentrações variáveis de soro e leiteiro em sua composição e relação de leite/creme de 1:1. Foram produzidas nove amostras de sorvetes funcionais com teores de soro e de leiteiro, variando de 5% a 15%, e relação leite/creme de 70% a 90%, conforme estipulado por delineamento simplex centroide. Foram realizadas análises físico-químicas (pH, acidez, teor de umidade, teor de cinzas, proteína total, caseína, nitrogênio não-proteico, lipídeos, lactose, colorimetria, *overrun* e teste de velocidade de derretimento) e microbiológicas (pesquisa de *Salmonella* spp., contagem de *Staphylococcus* coagulase positiva e contagem de Enterobacteriaceae). Todas as formulações apresentaram resultados dentro dos padrões estabelecidos pela legislação vigente. Os sorvetes funcionais foram categorizados em sorvetes *premium* e *super premium* em relação ao teor de gordura e em relação à taxa de incorporação de ar. As formulações com maior concentração de leite/creme em sua composição, apresentaram maiores valores de pH, umidade e *overrun*. Formulações com maior concentração de soro e leiteiro apresentaram maiores teores de proteína total, caseína e menor velocidade de derretimento. A concentração dos ingredientes, determinados como variáveis independentes influenciou diretamente no comportamento e nas características físico-químicas dos sorvetes desenvolvidos. Houve diferença estatística ($p < 0.05$) em todos os parâmetros avaliados. A partir do delineamento simplex centroide, foi possível gerar modelos matemáticos com ajuste satisfatório para prever o comportamento dos sorvetes funcionais e a influência de cada variável independente (x_1 , x_2 e x_3) nas características físico-químicas do produto sustentável. Os sorvetes apresentaram maiores teores dos ácidos graxos palmítico, oleico e esteárico. Destacaram-se as formulações com maior concentração de soro e leiteiro por apresentarem melhor composição nutricional, considerando-se os altos teores de proteína, frações proteicas, lipídeos e lactose.

Palavras-chave: Agenda 2030, inovação, leiteiro, soro lácteo, sustentabilidade.

ABSTRACT

The perception and awareness that the consumption of ice cream has a rich nutritional composition and brings benefits to human health, can be promoted by adding ingredients such as whey and buttermilk in this product, which not only improve aspects of production technology but also nutritional and functional aspects. The aim of this study was to develop and characterize different ice cream formulations using higher concentrations of whey and buttermilk and milk/cream ratio of 1:1. Nine samples of functional ice cream were produced with whey and buttermilk contents, vary from 5% to 15%, and milk/cream ranging from 70% to 90%, as determined by simplex-centroid design. Physical-chemical (pH, acidity, moisture, ash, protein, casein, non-protein nitrogen, lipids, lactose, colorimetry, overrun and meltdown test) and microbiological (research for *Salmonella* spp. *Staphylococcus* coagulase positive count and Enterobacteriaceae count). All formulations were within the standards established by legislation. Functional ice creams were categorized into *premium* and *superpremium* ice creams in terms of fat content and overrun. The formulations with the highest concentration of milk/cream in their composition had higher pH, moisture and overrun values. Formulations with higher concentration of whey and buttermilk had higher levels of total protein, casein and lower melting speed. The concentration of ingredients, determined as independent variables, directly influenced the behavior and physicochemical characteristics of the ice creams developed. There was a statistical difference ($p < 0.05$) in all parameters evaluated. From the simplex-centroid design, it was possible to generate mathematical models with satisfactory fit to predict the behavior of functional ice cream and the influence of each independent variable (x_1 , x_2 and x_3) on the physicochemical characteristics of the sustainable product. All ice creams showed higher levels of palmitic, oleic and stearic fatty acids. The formulations with high concentration of whey and buttermilk highlighted due to their better nutritional composition, considering the high levels of protein, protein fractions, lipids and lactose.

Keywords: Agenda 2030, buttermilk, innovation, sustainability, whey.

1.INTRODUÇÃO

Iniciativas mundiais como o plano de ação da Agenda 2030, bem como a disseminação do conceito de saúde única, ressaltam a importância de intervenções para melhoria na qualidade de vida das pessoas das gerações atuais e futuras, alinhado com a prosperidade econômica e com a prudência e consciência sobre a utilização de recursos naturais.

Potencializando essas ideias e ações, a busca por alimentos saudáveis com aspectos funcionais e nutritivos relevantes, com reduzido teor ou ausência de aditivos alimentares e inseridos no âmbito da sustentabilidade, tem sido priorizada pelos consumidores.

Em virtude disso, empresas no ramo alimentício buscam opções viáveis e inovadoras para atender às demandas e expectativas do seu público-alvo. Dentre essas alternativas, especialmente para indústrias de leite e derivados lácteos, destaca-se o uso de coprodutos com alto potencial funcional, como o soro lácteo, obtido através da fabricação de queijos, e o leitelho, obtido por meio da produção de manteiga. Ambos os coprodutos, atendem às propostas do desenvolvimento sustentável e apresentam características tecnológicas interessantes a serem exploradas pela indústria.

A conscientização de que sorvete, especialmente de base láctea, apresenta rica composição nutricional e deve ser considerado um alimento nutritivo e não uma sobremesa calórica é fundamental para que ocorra um maior crescimento nesse setor. O mercado de sorvetes cresce a cada ano e tem potencial para aumentar ainda mais. Foram movimentados cerca de U\$ 65.8 bilhões em 2020¹ e a projeção para 2021 é que movimente cerca de U\$ 66.64 bilhões no mundo². Neste contexto, o Brasil é o 10º maior produtor e o 11º consumidor de sorvetes do mundo, e movimentou cerca de R\$ 13 bilhões em 2019³.

Assim, esse mercado pode ser explorado e a percepção de que o consumo de sorvete traz benefícios a saúde humana pode ser impulsionada ao incrementar a esse alimento, ingredientes como soro e leitelho, que não só melhoram aspectos na tecnologia de produção como os aspectos nutritivos e funcionais do produto.

O soro lácteo apresenta componentes como β -lactoglobulina (β -LG), α -lactalbumina (α -LA), imunoglobulinas (Igs), albumina sérica bovina (BSA), lactoferrina (Lf), lactoperoxidase (LP), proteose-peptona e glicomacropéptido (GMP) que conferem propriedades funcionais, fisiológicas e nutracêuticas a esse coproduto heterogêneo⁴.

Dentre esses componentes, a β -lactoglobulina e a α -lactalbumina compreendem cerca de 40-50% e 11%, respectivamente, do total de componentes do soro⁴. A β -lactoglobulina apresenta 162 aminoácidos e auxilia na ligação e absorção de vitaminas lipossolúveis, sendo uma importante carreadora de retinol⁵. Já α -lactalbumina, é uma proteína facilmente e rapidamente digerida em virtude do seu peso molecular, apresenta elevado teor de triptofano, precursor de serotonina, e favorece performance cognitiva, humor e sono⁶. Auxilia também na absorção de minerais como zinco e cálcio e, ainda, possui atividade antimicrobiana e efeitos imunomoduladores⁷. Os demais componentes do soro possuem funções relacionadas à neutralização de toxinas, atividade antiviral e antibacteriana, redução de colesterol, fornecimento de aminoácidos essenciais, carreadores de ácidos graxos e funções imunomoduladoras⁴.

O leiteiro contém componentes advindos da membrana do glóbulo de gordura do leite, e da mesma forma que o soro, seus componentes conferem características funcionais, fisiológicas e nutracêuticas importantes. A sua fração polar é destacada pela presença de esfingolipídeos, considerados ingredientes funcionais que apresentam propriedades regulatórias e estruturais celulares⁸, e pela presença de glicerofosfolipídeos, que estão envolvidos na proteção da mucosa intestinal contra toxinas. De forma indireta, os glicerofosfolipídeos estão relacionados à síntese e transmissão de neurotransmissores e no desenvolvimento encefálico, por serem fontes de colina⁹. Além disso, a fração polar da membrana do glóbulo de gordura do leite, apesar de apresentar baixa concentração de proteínas, desempenha papel fundamental no mecanismo de defesa do organismo, iniciando estímulos ou inibições das respostas das células T, no mecanismo de defesa da mucosa intestinal e no transporte de ácidos graxos^{10,11}.

Desta forma, estes coprodutos ganham destaque mundial com o passar dos anos, no intuito de serem melhor aproveitados tanto para o consumo direto como indireto, através da sua utilização em alimentos destinados ao consumo humano e/ou animal para aprimorar as características tecnológicas, nutricionais e funcionais.

O desenvolvimento de sorvetes de creme com características funcionais e nutritivas relevantes tem o potencial de beneficiar todos os envolvidos na produção, comercialização e consumo de sorvetes. Assim, objetivou-se com este estudo, aprimorar a produção de sorvetes sustentáveis e funcionais explorando maiores concentrações de soro e leiteiro na sua composição.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram elaboradas nove formulações de sorvetes funcionais a partir do delineamento simplex centroide e duas formulações-controle, com diferentes concentrações de leite pasteurizado/creme de leite pasteurizado, soro lácteo em pó e leite em pó.

A pesquisa e as análises foram desenvolvidas no Centro de Pesquisa em Alimentos da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás (CPA/EVZ/UFG).

Os materiais utilizados, bem como, o processamento e as metodologias de análises para avaliação dos sorvetes funcionais estão descritos a seguir.

2.1. Ingredientes

Para a fabricação dos sorvetes funcionais foi utilizado leite pasteurizado com teor de gordura padronizado em 3%, creme de leite pasteurizado com teor de gordura padronizado em 35%, açúcar cristal, emulsificante Marvi – Marvi gel plus e aroma artificial de baunilha Kodilar, adquiridos em comércio varejista de Goiânia-GO.

O soro lácteo em pó e o leite em pó utilizados nas formulações foram cedidos, respectivamente, pelo Laticínio Lactosul Indústria de Laticínios (Piranhas/GO) e pela Fonterra Brasil (São Paulo/SP).

2.2. Testes preliminares

Estudos preliminares foram realizados com o intuito de estabelecer as concentrações adequadas dos ingredientes, avaliando a qualidade e comportamento da interação entre eles nos aspectos de viabilidade de processamento, aspectos físico-químicos, microbiológicos e sensoriais. Além disso, verificar se os sorvetes produzidos estariam de acordo com os parâmetros exigidos pelas legislações vigentes e dentro dos objetivos priorizados nesse trabalho, relacionados com maior uso de coprodutos lácteos e exploração de suas funcionalidades tecnológicas e nutritivas, redução de aditivos alimentares na fabricação de sorvetes, defesa do uso da gordura láctea e redução do custo de produção.

Inicialmente, foram produzidas três formulações a fim de delimitar as concentrações mínimas e máximas da adição de soro e de leiteiro na composição dos sorvetes. Estas formulações foram denominadas formulações-teste (T1, T2 e T3), sendo numeradas conforme o aumento da concentração dos coprodutos em sua composição. As composições das formulações-teste são apresentadas na Tabela 1.

TABELA 1 - Concentração dos ingredientes utilizados para a fabricação das formulações-teste de sorvetes funcionais

Formulações	Ingredientes (%)		
	Soro	Leitelho	Leite/Creme (3:1)
T1	4.44	4.44	79.99
T2	13.33	13.33	62.21
T3	22.22	22.22	44.43

Estes três principais ingredientes (soro, leiteiro e leite/creme) foram considerados 88.87% das formulações, porque em todas as formulações padronizou-se o acréscimo de 10% de açúcar, 1% de emulsificante e 0,13% de aroma artificial de baunilha. E somente o soro, o leiteiro e a relação leite/creme eram passíveis de variação, e seriam submetidos ao delineamento simplex centroide.

A relação leite/creme, a princípio, foi estabelecida na proporção 3:1 para que o custo do produto não ficasse elevado pela maior valorização econômica do creme de leite nos últimos anos.

Os sorvetes foram fabricados seguindo o processo de fabricação com as etapas de mistura de ingredientes, pasteurização da calda (72-75 °C/30 minutos), resfriamento, maturação (4 °C/24 h), adição do emulsificante e aromatizante, congelamento e incorporação de ar e envase. Sendo elucidada no item 2.4. deste trabalho.

As análises físico-químicas, seguindo as metodologias descritas no Official Methods of Analysis of AOAC International¹², avaliadas foram pH (nº 981.12), acidez (nº 947.05), umidade (nº 926.12), cinzas (nº 945.46108), proteína (nº 991.20), lipídeos (nº 952.06) e lactose pelo método de Lane-Eynon¹³. E as análises microbiológicas realizadas foram: contagem de Enterobacteriaceae, seguindo metodologia descrita no American Public Health Association¹⁴, pesquisa de *Salmonella* spp. seguindo a

metodologia descrita na ISO 6579:2002¹⁵, e contagem de *Staphylococcus* coagulase utilizando a metodologia descrita na ISO 6888-1 Part 1¹⁶.

A formulação T3, em virtude da alta concentração de sólidos, ficou muito espessa, inviabilizando a continuidade do processo de fabricação. Após a maturação, não foi possível transferir a amostra do frasco de vidro de 1L para prosseguir com a homogeneização da calda adicionando o emulsificante e aromatizante e posteriormente, realizar a etapa de congelamento e incorporação de ar na sorveteira (Figura 1).



FIGURA 1 - Formulações - teste para determinação das concentrações mínimas e máximas dos ingredientes variáveis

T1:4.44% de soro, 4.44% de leiteiro e 79.99% de leite/creme; **T2:**13.33% de soro, 13.33% de leiteiro e 62.21% de leite/creme; **T3:**22.22% de soro, 22.22% de leiteiro e 44.43% de leite/creme.

Posteriormente, as análises físico-químicas, microbiológicas e avaliação sensorial pelo grupo de pesquisa, foram realizadas apenas nas formulações T1 e T2. A caracterização físico-química das formulações-teste estão apresentadas a seguir (Tabela 2).

TABELA 2 – Caracterização físico-química das formulações-teste dos sorvetes funcionais (médias $\pm$ desvio padrão, n=3)

Formulação	pH	Acidez (g/100g)	Umidade (%)	Cinzas (%)	Proteína (%)	Lipídeos (%)	Lactose (%)
T1	6.50 $\pm$ 0.01 ^a	0.21 $\pm$ 0.01 ^b	67.93 $\pm$ 0.05 ^a	0.92 $\pm$ 0.01 ^b	4.65 $\pm$ 0.02 ^b	9.91 $\pm$ 0.04 ^a	9.19 $\pm$ 0.50 ^b
T2	6.25 $\pm$ 0.01 ^a	0.50 $\pm$ 0.01 ^a	53.67 $\pm$ 0.08 ^b	1.69 $\pm$ 0.02 ^a	8.16 $\pm$ 0.09 ^a	8.96 $\pm$ 0.01 ^b	21.19 $\pm$ 0.09 ^a

As médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna diferem entre si ao nível de 5% de significância de significância pelo teste Scott-Knott.

Houve diferença estatística ($p < 0.05$) entre as formulações-teste para todos os parâmetros avaliados, exceto pH, sendo diretamente relacionada com a concentração de seus ingredientes. A formulação com maior teor de leite/creme apresentou maiores valores de pH, teor de umidade e teor de lipídeos. Foi também a formulação que ao ser submetida à análise de cor instrumental, apresentou estatisticamente maior luminosidade ou tendência para a cor branca, apresentando valor de L^* de 79.53 ± 0.55 e menor valor (10.65 ± 0.52) para o parâmetro b^* , relacionado à cor amarela ($+b^*$) e azul ($-b^*$). Este parâmetro foi maior na formulação T2 (14.83 ± 0.11), com concentração mais elevada de soro e leiteiro.

Em relação à incorporação de ar nos sorvetes, as formulações T1 e T2, apresentaram *overrun* de 15.16% e 15.06%, respectivamente.

Antes de ocorrer degustação preliminar, realizou-se a caracterização microbiológica das amostras e ambas estavam dentro do padrão estabelecido pela legislação¹⁷ (Tabela 3).

TABELA 3 - Caracterização microbiológica das formulações-teste dos sorvetes funcionais (n=2)

Formulações	Pesquisa de <i>Salmonella</i> spp.	Contagem de <i>Staphylococcus</i> coagulase positiva	Contagem de Enterobacteriaceae
T1	Ausência/25g	<100 UFC/g	<10 UFC/g
T2	Ausência/25g	<100 UFC/g	<10 UFC/g
Referência*	Ausência/25g	<100 UFC/g	<10 UFC/g

*Instrução Normativa nº 60, de 23 de dezembro de 2019, ANVISA.

A degustação preliminar das formulações foi realizada pelo grupo de pesquisa. Foi possível observar que o sorvete T2, com 13.33% de soro e 13.33% de leite, apresentava uma coloração mais amarelada, aparência e consistência mais cremosa, sabor mais adocicado e sensação um pouco arenosa ao ser consumido, remetendo a doces comerciais de leite em pó. A formulação T1 apresentou, de acordo com o grupo de pesquisa, características de cor, aparência, aroma, sabor e consistência semelhantes a um sorvete comercial de coco, mas sem ter a percepção de partículas de coco no sorvete.

Com o intuito de aumentar a cremosidade dos sorvetes e aumentar o teor lipídico para que atendessem, além da legislação brasileira, a legislação de outros países como Estados Unidos, Canadá, Austrália e Nova Zelândia¹⁸, foi estabelecido a relação de 1:1 para leite/creme para todas as formulações do trabalho.

Em relação ao teor mínimo e máximo para as variáveis soro e leite, delimitou-se em 4.44% a concentração mínima de cada coproduto e em 13.33% a concentração máxima. Logo, para a relação leite/creme, a concentração mínima e máxima foi de 62.21% e 79.99%, respectivamente.

A partir dos valores mínimos e máximos de cada ingrediente variável (soro, leite e leite/creme) foi possível realizar o delineamento simplex centrado.

No entanto, ao utilizar este delineamento, não há a inclusão de uma amostra controle. Portanto, outros testes preliminares foram realizados para determinar a formulação-controle mais adequada para o projeto.

2.2.1. Formulações-controle

A princípio, o sorvete-controle seria fabricado como a maioria dos sorvetes comerciais, utilizando leite em pó. Foram testadas, juntamente com as primeiras formulações-teste, duas formulações com este ingrediente (Tabela 4), de forma que a relação leite/creme foi também de 3:1 e o teor de leite em pó foi equivalente aos teores médios de soro e leite em pó dos sorvetes funcionais.

TABELA 4 - Concentração de ingredientes das formulações com leite em pó

Formulações	Ingredientes (%)	
	Leite/Creme (3:1)	Leite em pó
C1	84.43	4.44
C2	79.99	8.88

A caracterização físico-química das formulações-controle com leite em pó está apresentada a seguir (Tabela 5). As amostras foram caracterizadas também em relação aos aspectos microbiológicos, que estavam dentro dos padrões exigidos pela legislação, e aspectos sensoriais.

TABELA 5 - Caracterização físico-química das formulações com leite em pó

Formulação	pH	Acidez (g/100g)	Umidade (%)	Cinzas (%)	Proteína (%)	Lipídeos (%)	Lactose (%)
C1	6,93±0,02 ^a	0,16±0,01 ^a	71,16±0,12 ^a	0,96±0,01 ^b	4,00±0,03 ^b	10,31±0,09 ^a	6,30±0,20 ^b
C2	7,05±0,01 ^a	0,14±0,01 ^a	66,67±0,02 ^b	1,47±0,02 ^a	5,10±0,10 ^a	9,95±0,11 ^b	8,21±0,01 ^a

As médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância de significância pelo teste Scott-Knott.

O grupo de pesquisa, após análise do conjunto de informações geradas, concluiu que estas formulações não seriam as mais adequadas como formulações-controle, visto que a composição de ingredientes e a apresentação dos resultados físico-químicos e sensoriais poderiam ser mais discrepantes dos possíveis resultados dos sorvetes funcionais. Essa conclusão foi embasada, especialmente, no fato dos aspectos sensoriais de ambos os sorvetes mostrarem semelhança apenas com a formulação T1 (4.44% de soro, 4.44% de leite e 79.99% de leite/creme) e pouca semelhança nas características físico-químicas. Sendo que ainda, a formulação C1 apresentou características de cor, aroma, sabor e consistência de um sorvete com alto teor de água, comumente conhecido, como sorvete de gelo raspado, apesar da aparência não demonstrar mais concentração de cristais de gelo nessa amostra (Figura 2).

**C1****C2**

FIGURA 2 – Formulações produzidas com leite em pó

C1: 84.43% leite/creme e 4.44% de leite em pó; **C2:** 79.99% de leite/creme e 8.88% de leite em pó

Assim, foi determinada a utilização de duas formulações-controle. Uma apenas com a utilização de soro em pó e outra apenas com utilização do leite em pó, visto que com o delineamento simplex centroide, já ocorreria a interação desses ingredientes na fabricação dos sorvetes. E provavelmente as características tecnológicas, físico-químicas e sensoriais seriam mais próximas dos sorvetes desenvolvidos. As formulações-controle foram definidas como W20 e BM20 (Tabela 6) e assim como as demais amostras dos sorvetes desenvolvidos, a proporção leite/creme passou a ser de 1:1.

TABELA 6 - Concentração dos ingredientes lácteos das formulações-controle dos sorvetes funcionais

Formulações	Ingredientes (%)		
	Soro em pó	Leitelho em pó	Leite/Creme (1:1)
W20	20	0	80
BM20	0	20	80

A caracterização físico-química e microbiológica dos sorvetes-controle serão apresentadas no item 3 deste trabalho, juntamente com a caracterização dos sorvetes funcionais.

2.3. Design Simplex Centroide

O design simplex centroide é um delineamento de misturas baseado no uso de um planejamento fatorial, muito utilizado para o desenvolvimento de novos produtos por propiciar economia de tempo e investimento financeiro¹⁹. Na maioria das aplicações desse tipo de delineamento, várias respostas são medidas para cada grupo de condições experimentais e um modelo é ajustado para cada resposta¹⁹. No presente trabalho, as propriedades foram determinadas pelas concentrações dos ingredientes, que são considerados as variáveis independentes. Dessa forma, as respostas das misturas em relação às características físico-químicas dos sorvetes, são determinadas pelas proporções mantidas entre as variáveis sendo possível ajustar as respostas através das equações que são geradas.

Para esse delineamento, utilizou-se a mistura ternária, ou seja, formada por três componentes, sendo eles o soro lácteo em pó, o leite em pó e a mistura leite:creme (1:1). Esses três fatores são representados por x_1 , x_2 e x_3 que devem somar 100% ou 1 e geometricamente, correspondem a um triângulo equilátero. As diferentes composições possíveis são representadas pelos pontos pertencentes ao triângulo. Sendo que os vértices correspondem aos fatores puros, os lados representam as misturas de dois componentes¹⁹ e os pontos no interior do triângulo representam as possíveis misturas dos três componentes Figura 3.

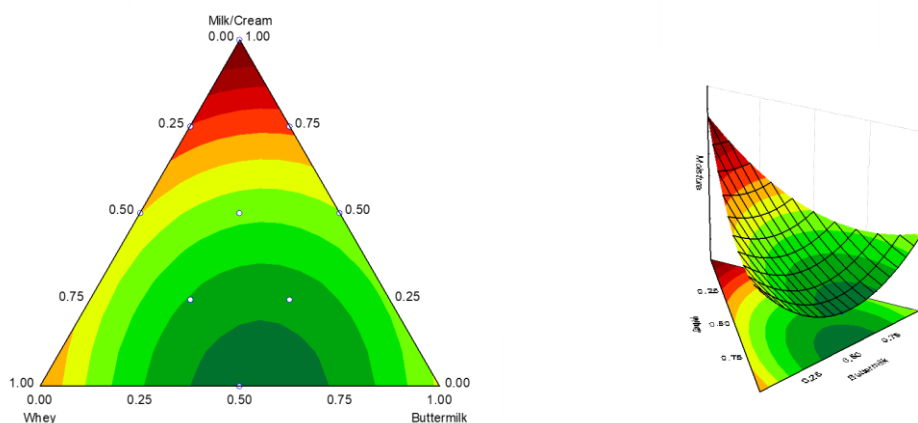


FIGURA 3 - Representação das superfícies geradas dos sorvetes funcionais no planejamento simplex centroide para mistura ternária.

Fonte: Acervo pessoal (2020)

As concentrações mínimas e máximas para cada variável independente (Tabela 7), definidas nos testes preliminares citado no item 2.2, foram necessárias para

determinação da concentração de cada ingrediente das misturas geradas através do software *Statistica* versão 7.0²⁰ (Tabela 8).

TABELA 7 - Percentual mínimo e máximo dos ingredientes dos sorvetes funcionais

Ingredientes	Valor mínimo (%)	Valor máximo (%)
Soro em pó	5	15
Leitelho em pó	5	15
Leite/Creme pasteurizado	70	90

A proporção das três variáveis foi mantida, no entanto as concentrações foram ajustadas para que com os demais ingredientes utilizados (açúcar, emulsificante e aromatizante) a mistura somasse 100%.

TABELA 8 - Planejamento experimental obtido pelo delineamento simplex centroide para o processamento de sorvetes funcionais

Formulações	Soro (x₁)		Leitelho (x₂)		Leite/Creme (x₃)	
	Real ¹	Pseudo ²	Real ¹	Pseudo ²	Real ¹	Pseudo ²
1V	0.050000	0.000000	0.050000	0.000000	0.900000	1.000000
2V	0.150000	0.500000	0.050000	0.000000	0.800000	0.500000
3V	0.050000	0.000000	0.150000	0.500000	0.800000	0.500000
4C1	0.150000	0.500000	0.150000	0.500000	0.700000	0.000000
5C1	0.050000	0.000000	0.100000	0.250000	0.850000	0.750000
6C1	0.150000	0.500000	0.100000	0.250000	0.750000	0.250000
7C1	0.100000	0.250000	0.050000	0.000000	0.850000	0.750000
8C1	0.100000	0.250000	0.150000	0.500000	0.750000	0.250000
9C2	0.100000	0.250000	0.100000	0.250000	0.800000	0.500000

¹Para realização do experimento seguiu-se as concentrações reais multiplicadas por 100.²Para gerar os modelos matemáticos utiliza-se as concentrações pseudocomponentes.

V= vértice, C = centroide

Os dados físico-químicos obtidos permitiram testar os modelos Lineares, Quadráticos e Cúbico. A análise de variância (ANOVA) ao nível de 5% de significância de significância foi realizada entre os modelos para verificar o grau de significância de cada um.

Além disso, também foi realizada a análise gráfica entre os valores observados experimentalmente e os valores preditos pelo modelo obtido, e os coeficientes de determinação experimental (R^2) e coeficiente de determinação ajustado (R_A^2).

2.4. Produção dos sorvetes funcionais

As nove formulações geradas pelo delineamento simplex centroide juntamente com as duas formulações-controle (W20 e BM20) foram distribuídas aleatoriamente em três processamentos, em virtude da logística para execução do experimento em relação a equipamentos, utensílios e mão-de-obra necessários.

Para a fabricação dos sorvetes seguiu-se o disposto no Regulamento Técnico de Boas Práticas de Fabricação – RDC nº 267/2003²¹. Antes do processamento, todos os utensílios, vidrarias e materiais foram esterilizados a 121 °C por 20 minutos ou higienizados adequadamente, e todos os cuidados de boas práticas de fabricação foram tomados a fim de garantir a segurança microbiológica em todo o processamento.

As embalagens para armazenamento dos sorvetes bem como os demais utensílios de polipropileno foram sanitizados com solução de hipoclorito de sódio a 200 ppm por 15 minutos e secadas expostas à luz ultravioleta em fluxo laminar.

Os ingredientes foram pesados em balança semi-analítica e separados conforme a formulação. Em condições assépticas, misturou-se os ingredientes (formando a calda) em béqueres, utilizando bastões de vidro. Em seguida, a calda foi transferida para frascos de vidro de um litro, e submetida à pasteurização em banho-maria a 72-75 °C por 30 minutos. A aferição da temperatura da calda foi realizada no início e final do processo a fim de averiguar se a mesma se manteve estável durante a pasteurização. Em seguida, os frascos de vidro com as caldas foram resfriados em banho de gelo, e armazenados, por 24 horas em temperatura de 4 - 6 °C para que ocorresse a maturação. Posteriormente, em liquidificador (Philips Walita, modelo RI7630), foi adicionado à calda o emulsificante e o aromatizante com homogeneização da mistura por 15 minutos. Logo após, realizou-se o processo de batimento destas caldas em sorveteira automática (Citton, Caxias do Sul/Rio Grande do Sul) por cerca de 80 minutos, para realizar a etapa de congelamento e incorporação de ar. Para o envase dos sorvetes, foram utilizadas embalagens de polipropileno de 150 mL (Strawplast, São Ludgero, Santa Catarina) sanitizadas, e por fim, as amostras foram armazenadas em freezer com temperatura de -20 °C, completando a etapa de endurecimento. O fluxograma de fabricação está apresentado na Figura 4.

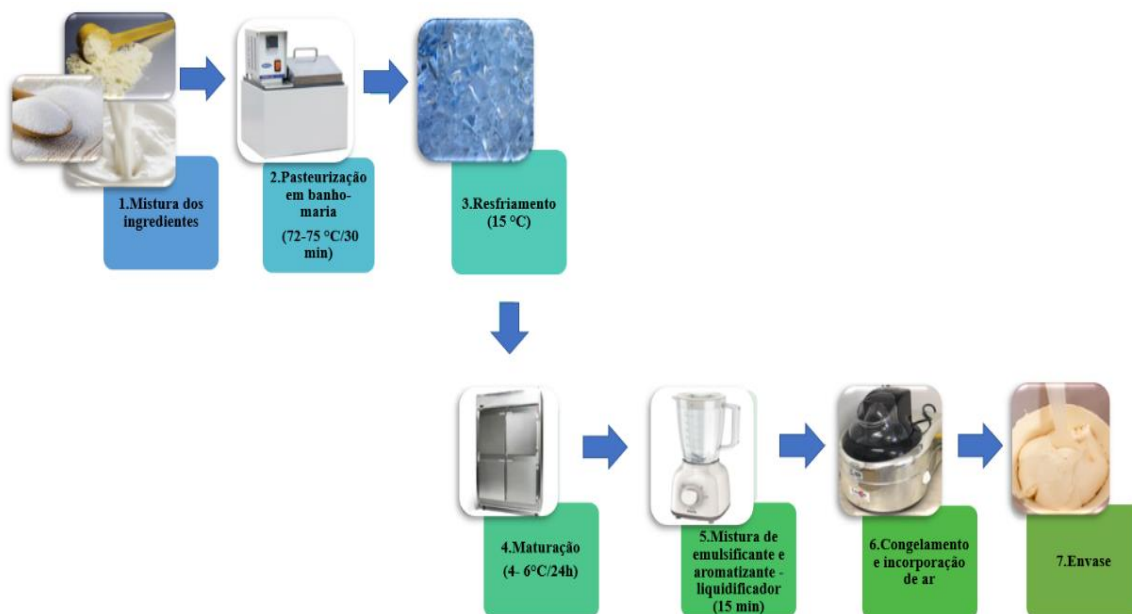


FIGURA 4 - Fluxograma de fabricação dos sorvetes funcionais

2.5. Análises físico-químicas

A caracterização físico-química da matéria-prima foi determinada utilizando leite líquido/ mL, creme de leite, soro em pó e leite em pó em gramas e a dos sorvetes funcionais foram determinadas em gramas, após o seu derretimento. Sendo realizadas da seguinte forma:

- a) Leite, creme, soro em pó e leite em pó: pH, acidez titulável, teores de umidade, cinzas, proteína total, caseína, nitrogênio não proteico, proteína do soro, lipídeos e lactose.
- b) Sorvetes funcionais: pH, acidez titulável, teores de umidade, cinzas, proteína total, caseína, nitrogênio não proteico, proteína do soro, lipídeos, lactose, *overrun*, colorimetria e teste de velocidade de derretimento.

2.5.1. pH

O potencial hidrogeniônico foi determinado por leitura através de imersão do potenciômetro Tecnal TEC-5 (Piracicaba, SP), seguindo a metodologia nº 981.12 da AOAC¹².

2.5.2. Acidez Titulável

A acidez titulável foi determinada utilizando hidróxido de sódio 0,1N e fenolftaleína a 1%, até o aparecimento da coloração rósea persistente por 30 segundos, seguindo a metodologia nº 947.05 da AOAC¹². O teor de acidez foi calculado de acordo com a equação 1:

$$\text{Acidez (g de ácido láctico/100g)} = \frac{V \times f \times 0,1 \times 0,09 \times 100}{m} \quad (\text{Equação 1})$$

Em que:

V = Volume de solução de hidróxido de sódio 0,1 N gasto na titulação, em mL;

f = Fator de correção da solução de hidróxido de sódio 0,1 N;

0,1 = Molaridade de solução de hidróxido de sódio;

0,09 = Fator de conversão do ácido láctico;

m = Massa da amostra, em gramas.

2.5.3. Umidade

O teor de umidade foi determinado utilizando estufa de secagem Fanem Orion 515 (Guarulhos, SP). Cerca de 5 g da amostra foram pesados em cadinhos com pérolas de vidro, previamente secos e tarados. A secagem foi realizada a 102 ± 2 °C. As pesagens foram realizadas em balança analítica (AX200, Barueri, SP), até que a amostra atingisse peso constante (nº 926.12 AOAC)¹² sendo então calculado o teor de umidade de acordo com a equação 2:

$$\text{Umidade (\%)} = \left[\frac{(m1+m2)-m3}{m2} \right] \times 100 \quad (\text{Equação 2})$$

Em que:

m1= massa do cadinho, previamente seco, em gramas;

m2= massa da amostra, em gramas;

m3= massa do conjunto (cadinho e amostra) em gramas, após peso constante.

2.5.4. Cinzas

Após a determinação do teor de umidade, as amostras foram incineradas em forno tipo mufla EDG modelo EDG3P-S (São Carlos, SP) a 550 °C por 6 horas. Após o resfriamento da mufla, as amostras foram acondicionadas em dessecador e pesadas em balança analítica (AX200, Barueri, SP) AOAC¹² n° 945.46108. O teor de cinzas foi calculado de acordo com a equação 3:

$$\text{Cinzas (\%)} = \left[\frac{(m_3 - m_1)}{m_2} \right] \times 100 \quad (\text{Equação 3})$$

Em que:

m₁= massa do cadinho, em gramas;

m₂= massa da amostra, em gramas;

m₃= massa do conjunto (cadinho e amostra) incinerado, em gramas.

2.5.5. Proteína Total

O teor de proteína da matéria-prima e dos sorvetes foi determinado pelo método de *Kjeldahl*, seguindo metodologia descrita na AOAC¹² n° 991.20. O método consiste em três etapas: digestão, destilação e titulação. A digestão das amostras foi realizada em bloco digestor (TECNAL TE-008/50-04, Piracicaba, SP) iniciando com temperatura de 180 °C com aumento de 50 °C a cada 30 minutos, até atingir temperatura de 420°C com completa digestão das amostras. Após a digestão, e as amostras atingirem temperatura ambiente, adicionou-se 85 mL de água destilada. Em seguida, procedeu-se a destilação em destilador (TECNAL TE-036/1, Piracicaba, SP), utilizando 50 mL de ácido bórico como indicador e cerca de 75 mL/amostra de hidróxido de sódio a 40%. O destilado foi coletado até completar cerca de 200 mL do volume total. Em seguida, ocorreu a etapa de titulação utilizando ácido sulfúrico 0,1 N até a viragem do indicador. O fator de conversão de nitrogênio total em proteína utilizado para a matéria-prima e sorvetes foi de 6,38. O teor de proteína total foi calculado de acordo com a equação 4:

$$\text{Proteína (\%)} = \left[\frac{((V_a - V_b) \times N \times f \times 1.4007)}{m} \right] \times 6.38 \quad (\text{Equação 4})$$

Em que:

Va = Volume de solução de ácido sulfúrico 0,1 N gasto na titulação da amostra, em mL;

Vb = Volume de solução de ácido sulfúrico 0,1 N gasto na titulação do branco, em mL;

N = Normalidade da solução de ácido sulfúrico 0,1N;

f = Fator de correção da solução de ácido sulfúrico 0,1 N;

m = Massa da amostra (em gramas)

2.5.6. Nitrogênio não proteico (NNP)

O conteúdo de nitrogênio não proteico do foi determinado visando obter por diferença do teor de caseína, o teor de proteínas do soro. O método utilizado foi através da precipitação da proteína do leite pela adição da solução de ácido tricloroacético 24% (TCA) e posterior remoção do precipitado, para utilização do filtrado na determinação dos componentes nitrogenados não proteicos do leite, seguindo o método nº 991.21, descrita na AOAC¹². Após a digestão, destilação e titulação pelo método de *Kjeldahl*, a porcentagem de NNP foi calculada utilizando a equação 5:

$$\text{NNP (\%)} = \frac{(Va - Vb) \times N \times f \times 1.4007 \times 20}{pa \times pb} \quad (\text{Equação 5})$$

Em que:

Va = Volume de solução de ácido sulfúrico 0,1 N gasto na titulação da amostra, em mL;

Vb = Volume de solução de ácido sulfúrico 0,1 N gasto na titulação do branco, em mL;

N= normalidade da solução de ácido sulfúrico utilizada na titulação (0,1);

f= fator de correção da solução de ácido sulfúrico 0,1N utilizada na titulação;

20 = diluição

pa= peso da amostra, em gramas;

pb = peso do filtrado, em gramas.

2.5.7. Caseína

O teor de caseína foi determinado através do método direto, em que o nitrogênio caseico do leite é determinado diretamente do precipitado de caseína obtido

por meio da precipitação com ácido acético e acetato de sódio, seguindo o método nº 927.03 descrito na AOAC¹². Após a digestão, destilação e titulação pelo método de *Kjeldahl*. O teor de caseína foi determinado utilizando a equação 6:

$$\text{Caseína (\%)} = \frac{(Va - Vb) \times f \times N \times 1.4008 \times 6.38}{pa} \quad (\text{Equação 6})$$

Em que:

Va = Volume de solução de ácido sulfúrico 0,1 N gasto na titulação da amostra, em mL;

Vb = Volume de solução de ácido sulfúrico 0,1 N gasto na titulação do branco, em mL;

f = fator de correção da solução de ácido sulfúrico 0,1N utilizada na titulação;

N= normalidade da solução de ácido sulfúrico utilizada na titulação (0,1);

6,38= fator de conversão do nitrogênio para proteína;

pa= peso da amostra em gramas.

2.5.8. Proteínas do Soro

A percentagem de proteínas do soro foi calculada por meio do método de diferença¹², conforme apresentado na equação 7:

$$\text{Proteína do Soro (\%)} = \text{Proteína total} - (\text{Caseína} + \text{NNP}) \quad (\text{Equação 7})$$

2.5.9. Lipídeos

Os lipídeos do leite e do creme foram determinados pelo método de Gerber que se baseia na quebra da emulsão do leite pela adição de ácido sulfúrico e álcool isoamílico, com centrifugação e posterior determinação da lipídeos por leitura direta na escala do butirômetro, seguindo a o método nº 2000.18 descrito pela AOAC¹².

Os lipídeos do soro em pó, leiteiro em pó e dos sorvetes funcionais foram determinados pelo método de Roesse-Gottlieb (Mojonnier), que baseia-se na utilização do hidróxido de amônio para solubilizar a caseína, neutralizar a acidez e reduzir a viscosidade da amostra e posterior extração da lipídeos utilizando o álcool etílico, éter etílico e éter de petróleo. Os lipídeos extraídos foram determinados gravimetricamente seguindo o método nº 952.06 descrito pela AOAC¹², utilizando a equação 8:

Método Rose-Gottlieb:

$$\text{Lipídeos (\%)} = \left[\frac{(m1-m2)-(m3-m4)}{m0} \right] \times 100 \quad (\text{Equação 8})$$

Em que:

m0= massa da amostra, em gramas;

m1= massa final do béquer com amostra, em gramas;

m2= massa inicial do béquer, em gramas;

m3 = massa final do béquer usado no teste-branco, em gramas;

m4 =massa inicial do béquer usado no teste-branco, em gramas.

2.5.10. Lactose

O teor de lactose foi determinado utilizando o método de Lane-Eynon¹³, baseado na redução dos íons cúpricos a íons cuprosos pelo açúcar redutor em meio alcalino, a quente. Cerca de 5 g da amostra foi dissolvida em 50 mL de água destilada e posteriormente era transferida para balão volumétrico de 250 mL. Adicionou-se 5 mL de solução de ferrocianeto de potássio a 15%, 5 mL de solução de sulfato de zinco a 30%, agitou e completou o volume (250 mL) com água destilada. Após ocorrer a sedimentação, a amostra era filtrada em papel filtro e o filtrado coletado em frascos de 200 mL. Em seguida, o filtrado obtido era transferido para uma bureta de 25 mL. Utilizando pipetas volumétricas de 5 mL, era transferido para um Erlenmeyer, 5 mL da solução Fehling A e 5 mL da solução Fehling B. Adicionava-se 40 mL de água destilada, 1 gota de azul de metileno a 1%, aquecia até a ebulição e começava a gotejar a solução da amostra até que ocorre a viragem da amostra de azul anil para uma coloração avermelhada, resultado da formação do óxido cuproso. O teor de lactose foi determinado utilizando a equação 9:

$$\text{Lactose (\%)} = \frac{100 \times 250 \times (T \div 2) \times 1.39}{V \times m} \quad (\text{Equação 9})$$

Em que:

T = título da solução de Fehling;

V = volume de amostra gasto na titulação, em mL;

m = massa da amostra, em gramas;

1.39 = fator de conversão da glicose para lactose.

2.5.11. Overrun

Overrun é definido como o conteúdo de ar incorporado ao sorvete durante o processo de batimento e congelamento, e consequentemente proporciona o aumento de volume da mistura²². A medição desse parâmetro foi realizada com a pesagem inicial da calda em relação à pesagem do produto pronto. O *overrun* foi determinado utilizando a equação 10:

$$\text{Overrun (\%)} = \frac{P_c - P_s}{P_s} \times 100 \quad (\text{Equação 10})$$

Em que:

P_c = peso da calda, em gramas;

P_s = peso do sorvete, em gramas;

2.5.12. Teste de velocidade de derretimento

O teste de derretimento das amostras foi realizado seguindo metodologia descrita por Koxholt²³ com algumas modificações. Os testes foram realizados em temperatura ambiente. Pesava-se cerca de 50g da amostra que era colocada em uma peneira de aço inox 8x2 tyler 12, abertura de 1.4 mm apoiada na parte superior da balança analítica (AUY220 - Shimadzu, Kyoto, Japão). Uma placa de petri, identificada e previamente seca e tarada para cada amostra, foi colocada embaixo da peneira de inox (Figura 5) para coletar e pesar as perdas por derretimento do sorvete ao longo de 70 minutos, com pesagens a cada 10 minutos. O derretimento é definido como a perda de massa por gotejamento dividida pela massa total da amostra de sorvete em relação ao tempo. Assim, a partir dos dados obtidos, foram construídos gráficos de tempo x volume de sorvete derretido utilizando o modelo de regressão logística, através do software R²⁴.



FIGURA 5 – Utensílios e equipamento utilizados para o teste de velocidade de derretimento dos sorvetes funcionais

2.5.13. Colorimetria

As amostras de sorvetes funcionais, após o derretimento lento sob refrigeração, foram transferidas para béqueres de vidro com capacidade para 150 mL e as medições foram feitas em três pontos diferentes de para a obtenção da média.

A análise de cor foi realizada por leitura direta utilizando o sistema CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) $L^*a^*b^*$. Esse sistema baseia-se no conceito que o olho humano apresenta três receptores para cor e as demais cores são decorrentes das combinações das principais: o vermelho, azul e verde²⁵. O parâmetro L^* se refere à luminosidade ou brilho, a^* indica a intensidade de verde e vermelho e b^* , a intensidade de azul e amarelo, medidas obtidas através do aparelho colorímetro portátil BC-10 Baking Meter, da marca Konica Minolta (Japão), com ângulo de iluminação de 8° difusa, diâmetro de medição de 8 mm e lâmpada de tungstênio a gás, calibrado para um padrão branco²⁶.

Com base nos valores de a^* e b^* foram calculados os índices Chroma* (saturação de cor) e Hue- Angle* (ângulo de tonalidade cromática) conforme as equações 11 e 12^{25,26}:

$$\text{Chroma} = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (\text{Equação 11})$$

$$\text{Hue}^* = \tan^{-1}(b^*/a^*) \quad (\text{Equação 12})$$

A saturação, determinada pelos índices Chroma, representa um atributo quantitativo para intensidade, ligada diretamente à concentração do elemento corante²⁵. Já o Hue-Angle, representa um atributo qualitativo de cor, varia entre 0 e 360° e é interpretado através do valor de h° e sua cor correspondente, sendo 0° – vermelho, 90° – amarelo, 180° – verde e 270° – azul (Figura 6)²⁵.

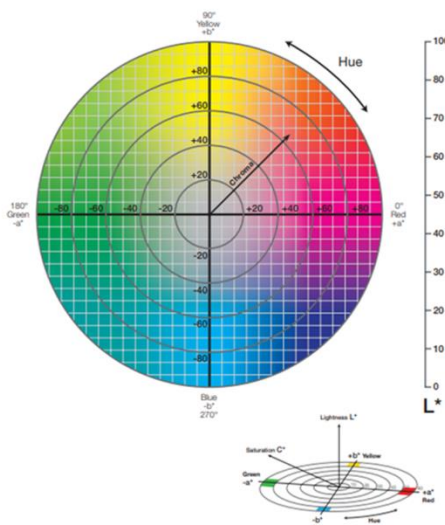


FIGURA 6 - Sistema de coordenadas colorimétricas para determinação de cor.

Adaptado de X-rite⁵⁶.

2.6. Levantamento do perfil de ácidos graxos

A fração lipídica foi extraída para a quantificação de ácidos graxos seguindo o método de Bligh e Dyer²⁷. Após a extração, as amostras de sorvetes foram submetidas ao processo de transesterificação para a preparação dos ésteres metílicos de ácidos graxos segundo metodologia de Hartman e Lago²⁸, com modificações, utilizando como solução de agente esterificante cloreto de amônia em ácido sulfúrico. A solução de padrão interno utilizada foi o nonadecanoato (C19:0) e após a transesterificação os ésteres metílicos contidos no hexano foram transferidos para vials, estes submetidos à secagem em nitrogênio. Posteriormente, foi adicionado 1mL de hexano nos vials com os ésteres metílicos e estes agitados em vórtex e submetidos à análise cromatográfica.

A análise cromatográfica foi desenvolvida no Laboratório de Nutrição Animal – LANA, do Departamento de Zootecnia da EVZ/UFG.

Os ésteres metílicos de ácidos graxos (FAME), foram analisados usando cromatógrafo gasoso Shimadzu QP 2010-plus, equipado com detector de ionização de chama (FID) e coluna capilar de sílica fundida SP 2560 (100 m, 0,2 mm id., 0,20 µm de espessura; Supelco). O gás Hélio foi utilizado como gás carreador, com fluxo constante de 1mL/min., as temperaturas do injetor e do detector foram 250°C e 280°C, respectivamente. A temperatura inicial do forno foi de 50 °C mantida por 1 minuto, aumentando para 150 °C e mantida por 20 minutos, posteriormente aumentada para 190 °C, e por fim aumentada para 220 °C e mantida por 18 minutos. O tempo de corrida, em média, foi de 70,7 minutos para cada amostra com velocidade do gás de arraste H₂ de 1,2 mL/min e injeção de 1µL de amostra. A identificação dos ésteres metílicos foi realizada de acordo com a comparação dos tempos de retenção dos padrões certificados (Supelco 37 Component FAME mix, Supelco, Bellafonte, PA, EUA).

A integração das áreas dos picos foi feita com o auxílio do programa ChromQuest 4.1 (Thermo Electron). A identificação dos picos ocorreu por comparação dos tempos de retenção das amostras com os de padrões de ésteres metílicos de ácidos graxos (C19 -Sigma 189-19 USA), por tempo de retenção relativo ao C18:0 e por cromatografia. A quantificação, expressa em grama de ácidos graxos foi realizada por padronização interna, utilizando como padrão interno o ácido graxo C19:0.

2.7. Análises microbiológicas

As análises microbiológicas para caracterização da matéria-prima e dos sorvetes funcionais foram realizadas na primeira semana após a fabricação dos sorvetes,

no Laboratório Multiusuário de Microbiologia de Alimentos do Centro de Pesquisa em Alimentos, da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás (CPA/EVZ/UFG) da seguinte forma:

a) Leite pasteurizado, creme pasteurizado, soro em pó e leite em pó: contagem de micro-organismos aeróbios mesófilos, pesquisa de *Salmonella* spp., contagem de bolores e leveduras e contagem de Enterobacteriaceae.

b) Sorvetes funcionais: pesquisa de *Salmonella* spp., contagem de Enterobacteriaceae e contagem de *Staphylococcus* coagulase positiva.

A metodologia descrita no American Public Health Association¹⁴ foi utilizada para contagem de Enterobacteriaceae da matéria-prima e dos sorvetes funcionais, e para contagem de aeróbios mesófilos e contagem de bolores e leveduras da matéria-prima. A pesquisa para detecção de *Salmonella* spp. seguiu a metodologia descrita na ISO 6579:2002¹⁵. E para contagem de *Staphylococcus* coagulase positiva nos dos sorvetes funcionais, utilizou-se a metodologia descrita na ISO 6888-1 Part 1¹⁶.

Para a análise de *Samonella* spp. uma alíquota de 25 mL, para as amostras líquidas ou viscosas, e 25g para as amostras como soro em pó e leite em pó, foi adicionada a um frasco contendo 225 mL de água tamponada 1%. Posteriormente, cada frasco foi incubado a 37 °C/ 18-20 horas e após o período de incubação, uma alíquota de 0,1 mL era transferida para um tubo contendo 10 mL do meio Rappaport Vassiliadis e uma alíquota de 1 mL era transferida para um tubo contendo 10 mL do meio Tetrationato, sendo em seguida incubados a 41,5 °C e 37 °C, respectivamente, por 24 horas. Após essa etapa, utilizando alças de inoculação, as amostras foram espalhadas no meio ágar de desoxicolato-lisina-xilose (XLD) e ágar bismuto sulfito (BS) e estas foram incubadas invertidas a 37 °C por 24 horas, sendo feita a leitura das placas após esse período.

Para as demais análises, uma alíquota de 25 mL foi adicionada a um frasco contendo 225 mL de água peptonada 0,1% e submetida à diluição seriada utilizando o mesmo diluente e posteriormente seguiu-se com a metodologia específica para análise de cada micro-organismo.

Para contagem de Enterobacteriaceae, utilizou-se o método de plaqueamento em profundidade, inoculando 1 mL da amostra em placas de Petri e posteriormente recobrimo e homogeneizando com cerca de 20 mL de meio ágar Violet Red Bile Dextrose (VRBD), sendo incubadas a 37 °C por 24 horas. Da mesma forma, para contagem de mesófilos aeróbios

utilizou-se o método de plaqueamento em profundidade, inoculando 1 mL da amostra em placas de Petri e posteriormente recobrando e homogeneizando com cerca de 20 mL de meio ágar Plate Count Agar (PCA), sendo incubadas invertidas a 32 °C por 48 horas.

Para contagem de *Staphylococcus* coagulase positiva, uma alíquota de 1 mL foi inoculada em placas de Petri previamente preparadas e secas de ágar Baird-Parker e o inóculo foi espalhado com alça de *Drigalski*, posteriormente foram incubadas invertidas a 37 °C por 48 horas.

Para enumeração de bolores e leveduras, uma alíquota de 0,1 mL foi inoculada em placas de Petri previamente preparadas e secas de ágar Dicloran Rosa Bengala Cloranfenicol (DRBC) e o inóculo foi espalhado com alça de *Drigalski*, posteriormente foram incubadas a 25 °C por 5 dias.

2.8. Análise estatística

Os resultados das análises físico-químicas foram submetidos ao teste de análise de variância (ANOVA), com delineamento experimental inteiramente casualizado. A comparação de médias foi realizada utilizando o teste Scott-Knott, ao nível de 5% de significância de significância, através do software R²⁴. A Análise de Componentes Principais (ACP) foi utilizada para analisar as correlações entre variáveis, utilizando o software R. Para os resultados obtidos com o delineamento simplex centroide foi utilizado teste de regressão, sendo os modelos matemáticos avaliados e verificados através de coeficientes de determinação experimental e coeficientes de determinação ajustados através do software Statistica²⁰.

Os resultados das análises microbiológicas foram analisados de forma descritiva.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Caracterização físico-química e microbiológica da matéria-prima

Os ingredientes utilizados na fabricação dos sorvetes funcionais foram analisados, a fim de caracterizar os aspectos físico-químicos e microbiológicos da matéria-prima no momento de sua utilização. Nas tabelas a seguir estão apresentados os resultados médios das análises físico-químicas (Tabela 9) e microbiológicas (Tabela 10) dos três processos.

TABELA 9 - Caracterização físico-química da matéria-prima utilizada na fabricação de sorvetes funcionais (média $\pm$ desvio padrão, n=3)

Análises físico-químicas	Matéria-prima			
	Leite pasteurizado	Creme de leite pasteurizado	Soro em pó	Leitelho em pó
pH	6.885 $\pm$ 0.008 ^a	6.855 $\pm$ 0.08 ^a	6.215 $\pm$ 0.008 ^c	6.495 $\pm$ 0.08 ^b
Acidez (g/100g)	0.140 $\pm$ 0.019 ^c	0.095 $\pm$ 0.019 ^c	1.475 $\pm$ 0.019 ^a	1.230 $\pm$ 0.019 ^b
Umidade (%)	88.825 $\pm$ 0.044 ^a	55.640 $\pm$ 0.044 ^b	4.325 $\pm$ 0.044 ^d	7.785 $\pm$ 0.044 ^c
Cinzas (%)	0.770 $\pm$ 0.012 ^c	0.455 $\pm$ 0.012 ^d	4.565 $\pm$ 0.001 ^b	5.340 $\pm$ 0.012 ^a
Proteína (%)	3.315 $\pm$ 0.338 ^c	1.890 $\pm$ 0.338 ^d	11.790 $\pm$ 0.338 ^b	29.410 $\pm$ 0.338 ^a
Caseína (%)	2.665 $\pm$ 0.395 ^b	1.705 $\pm$ 0.395 ^b	4.040 $\pm$ 0.395 ^b	19.465 $\pm$ 0.395 ^a
NNP¹ (%)	0.015 $\pm$ 0.013 ^b	0.035 $\pm$ 0.013 ^b	0.255 $\pm$ 0.013 ^a	0.255 $\pm$ 0.013 ^a
Proteínas do soro (%)	0.635 $\pm$ 0.145 ^c	0.140 $\pm$ 0.145 ^c	8.495 $\pm$ 0.145 ^b	9.690 $\pm$ 0.145 ^a
Lipídeos (%)	3.350 $\pm$ 0.283 ^c	41.500 $\pm$ 0.283 ^a	0.530 $\pm$ 0.283 ^d	6.450 $\pm$ 0.283 ^b
Lactose (%)	4.325 $\pm$ 0.476 ^c	2.410 $\pm$ 0.476 ^d	62.565 $\pm$ 0.476 ^a	37.545 $\pm$ 0.476 ^b

As médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma linha não diferem entre si ao nível de 5% de significância de significância pelo teste Scott-Knott.

¹Nitrogênio Não Proteico.

Em relação aos parâmetros físico-químicos, foi possível observar que todos os ingredientes utilizados se encontram dentro dos padrões exigidos pelas legislações vigentes específicas²⁹⁻³¹. Entretanto, apesar do leitelho ainda não possuir regulamento para identidade e qualidade em relação às suas características físico-químicas e microbiológicas, segue-se como base a legislação para o soro em pó.

Ainda, ressalta-se a importância da neutralidade do valor de pH dos ingredientes, visto que caso esteja próximo ao ponto isoelétrico da caseína (pH=4.7) pode ocorrer a precipitação de proteínas ao realizar o tratamento térmico da calda e consequentemente, a formação de grumos³².

TABELA 10 - Caracterização microbiológica da matéria-prima utilizada na fabricação de sorvetes funcionais (n=2)

Matéria-prima	Análises microbiológicas			
	<i>Salmonella</i> spp. (UFC/ mL em 25g)	Contagem de <i>Enterobacteriae</i> (UFC/ mL)	Contagem de aeróbios mesófilos (UFC/ mL)	Bolores e Leveduras (UFC/ mL)
Leite pasteurizado	Ausência	<10	<3 x 10 ⁴	<100
Creme pasteurizado	Ausência	<10	>10 ⁵	<100
Soro em pó	Ausência	<10	<3 x 10 ⁴	<100
Leitelho em pó	Ausência	<10	<3 x 10 ⁴	<100
Referência ¹	Ausência	<10	<3 x 10⁴	<100

¹ Instrução Normativa nº 60, de 23 de dezembro de 2019.

Quanto aos parâmetros microbiológicos, o creme de leite pasteurizado apresentou alta contagem de aeróbios mesófilos. No entanto, na Instrução Normativa nº 60, de 23 de dezembro de 2019¹⁷ o padrão microbiológico desse micro-organismo não é requerida para esse tipo de produto, não sendo especificado o valor máximo permitido nessa legislação. Provavelmente essa alta contagem de aeróbios mesófilos ocorreu em virtude de falhas no processo de pasteurização desse produto, visto que por conter maior concentração de gordura é fundamental que a relação tempo x temperatura seja ajustada de acordo com as características do produto.

Em virtude de o processamento dos sorvetes apresentar a etapa de pasteurização (72-75 °C/30min) para a sua fabricação, essa contaminação foi eliminada durante essa etapa, não sendo observada contaminação nos sorvetes produzidos com esse creme de leite.

3.2. Caracterização físico-química dos sorvetes funcionais

A caracterização físico-química dos sorvetes funcionais na primeira semana após a sua fabricação, está apresentada na Tabela 11.

Houve diferença significativa ($p < 0.05$) entre as amostras de sorvetes funcionais para todos os parâmetros físico-químicos avaliados (Tabela 11), sendo essa diferença relacionada diretamente com as concentrações dos ingredientes que compõe

cada amostra, seguindo o mesmo comportamento das formulações fabricadas nos testes preliminares (Tabela 2).

As formulações apresentaram pH entre 6.36 e 6.78, sendo valores similares encontrados para sorvetes de creme em trabalho realizado por Faresin³³ (Tabela 13). As formulações que apresentam maior concentração de leite/creme e menor concentração de soro e/ou leiteiro (F1 e BM20) foram as formulações que apresentaram maior pH e menor acidez. E a formulação que apresentou maior concentração de soro e leiteiro (F4) apresentou maior acidez (0.435 ± 0.005) e menor valor de pH (6.360 ± 0.005). Essa mesma relação pode ser observada em trabalho realizado por Meneses et al.³⁴, que ao aumentar a concentração de soro líquido ou de leiteiro líquido em suas formulações de sorvete, obteve menores valores de pH e maiores valores de acidez (Tabela 13).

TABELA 11 – Caracterização físico-química dos sorvetes funcionais (média ± desvio padrão, n =3)

Form. ¹	Leite/ Creme (%)	Soro (%)	Leitelho (%)	pH	Acidez (g/100g)	Umidade (g/100g)	Cinzas (g/100g)	Proteína (g/100g)	Caseína (g/100g)	NNP ² (g/100g)	Proteínas do soro (g/100g)	Lipídeos (g/100g)	Lactose (g/100g)
F1	79.99	4.44	4.44	6.635±0.005 ^b	0.210±0.005 ^g	61.480±0.110 ^a	0.915±0.020 ^j	3.415±0.150 ^g	3.255±0.070 ^f	0.030±0.020 ^e	0.135±0.110 ^b	16.755±0.600 ^b	7.995±0.100 ^h
F2	71.10	13.33	4.44	6.435±0.010 ^e	0.325±0.010 ^c	55.875±0.120 ^c	1.245±0.050 ^g	4.245±0.190 ^f	3.470±0.030 ^f	0.060±0.060 ^b	0.710±0.110 ^a	15.895±0.070 ^b	14.020±0.080 ^c
F3	71.10	4.44	13.33	6.500±0.005 ^c	0.305±0.005 ^d	55.535±0.030 ^c	1.320±0.006 ^e	5.870±0.106 ^c	5.435±0.070 ^c	0.055±0.050 ^c	0.380±0.110 ^b	16.500±0.070 ^b	12.185±0.120 ^d
F4	62.21	13.33	13.33	6.360±0.005 ^g	0.435±0.005 ^a	51.945±0.450 ^f	1.675±0.030 ^a	6.210±0.040 ^b	5.700±0.010 ^b	0.080±0.082 ^a	0.360±0.110 ^b	14.700±0.560 ^c	15.075±0.100 ^a
F5	75.54	4.44	8.89	6.500±0.005 ^c	0.250±0.005 ^f	58.150±0.040 ^b	1.190±0.010 ^h	5.265±0.150 ^d	4.305±0.010 ^e	0.030±0.069 ^e	0.930±0.110 ^a	18.015±0.070 ^a	9.860±0.100 ^f
F6	66.65	13.33	8.89	6.370±0.005 ^g	0.370±0.005 ^b	52.580±0.210 ^e	1.470±0.020 ^c	4.975±0.130 ^d	4.650±0.030 ^d	0.070±0.002 ^b	0.230±0.110 ^b	15.440±0.040 ^c	14.920±0.380 ^a
F7	75.54	8.89	4.44	6.465±0.005 ^d	0.260±0.005 ^f	58.070±0.000 ^b	1.120±0.010 ⁱ	4.600±0.106 ^e	3.390±0.010 ^f	0.035±0.002 ^e	1.190±0.110 ^a	16.480±0.110 ^b	9.210±0.050 ^g
F8	66.65	8.89	13.33	6.405±0.010 ^f	0.355±0.010 ^b	51.310±0.080 ^g	1.570±0.096 ^b	6.585±0.106 ^a	5.570±0.030 ^b	0.050±0.002 ^d	0.955±0.110 ^a	14.790±0.040 ^c	14.605±0.100 ^b
F9	71.10	8.89	8.89	6.415±0.005 ^f	0.300±0.005 ^d	55.205±0.150 ^d	1.260±0.030 ^g	5.00±0.140 ^d	4.515±0.010 ^d	0.060±0.057 ^c	0.410±0.110 ^b	15.090±0.007 ^c	12.400±0.140 ^d
W20	71.10	17.77	0	6.640±0.005 ^b	0.365±0.005 ^b	54.980±0.007 ^d	1.285±0.006 ^f	3.725±0.106 ^g	2.405±0.056 ^g	0.070±0.070 ^b	1.200±0.110 ^a	13.845±0.425 ^c	13.930±0.100 ^c
BM20	71.10	0	17.77	6.785±0.005 ^a	0.280±0.005 ^e	55.070±0.120 ^d	1.410±0.006 ^d	6.635±0.106 ^a	6.175±0.056 ^a	0.070±0.070 ^b	0.390±0.110 ^b	14.425±0.425 ^c	11.215±0.100 ^e

As médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste Scott-Knott.

¹Todas as formulações continham 10% de açúcar cristal, 1% de emulsificante e 0.13% de aromatizante de baunilha.

²Nitrogênio Não Proteico.

Em relação ao teor de umidade, houve variação entre 51.31% e 61.48%. Valores superiores para o teor de umidade foram encontrados em trabalhos desenvolvidos por Ramos³⁵, Faresin³³ e Meneses et al.¹². No entanto, essa diferença é esperada em virtude da diferença na composição dos sorvetes, sendo que no presente trabalho, a concentração de sólidos é superior aos trabalhos citados. As formulações com maior concentração de leite/creme (F1, F5 e F7) em sua composição foram aquelas que apresentaram maiores teores de umidade e menores teores de cinzas, em virtude desses ingredientes estabelecerem uma correlação positiva com o teor de umidade e uma correlação negativa com o teor de cinzas (Tabela 12). Isso também pode ser evidenciado nas formulações com concentração de leite/creme entre 70-75% (F4, F6 e F8), que apresentaram menores teores de umidade e maiores teores de cinzas.

TABELA 12 - Coeficiente de correlação de Pearson* entre matéria-prima e parâmetros físico-químicos

Matéria-prima	pH	Acidez	Umidade	Cinzas	Proteína	Caseína	NNP¹	Prot.soro	Lipídeos	Lactose
LC²	0.511	-0.941	0.962	-0.968	-0.603	-0.561	-0.813	0.122	0.623	-0.911
Soro	-0.479	0.708	-0.423	0.284	-0.379	-0.471	0.461	-0.160	-0.440	0.665
Leitelho	-0.078	0.196	-0.449	0.563	0.810	0.865	0.340	0.133	-0.101	0.299

*O coeficiente de correlação de Pearson pode variar em termos de valor de -1 a +1

¹Nitrogênio Não Proteico

²Leite/Creme

Houve diferença estatística ($p < 0.05$) em relação aos teores de proteína e frações proteicas entre os sorvetes funcionais.

As proteínas desempenham função estrutural importante durante e depois do processo de fabricação dos sorvetes. São responsáveis por atuar sobre o equilíbrio termodinâmico, através de suas ações como emulsificante, ao adsorver glóbulos de gordura durante a homogeneização, e na sua capacidade de reter água interferindo na viscosidade dos sorvetes, aumentando tempo de derretimento e contribuindo para o congelamento do produto³⁶. Auxiliam ainda, na formação das bolhas de ar, estabilizando as lamelas de espuma entre as bolhas de ar^{36,2,38}.

Para os parâmetros de teor de proteína e de caseína, a correlação positiva foi estabelecida com a concentração de leitelho e há correlação negativa com a concentração de soro e leite/creme (Tabela 12), visto que dentre os ingredientes, o soro e o leite/creme são os que possuem menor concentração de proteína e caseína. Sabe-se que o leitelho é

considerado um emulsificante natural, com alta capacidade de retenção de água, melhorando a textura e estabilidade do produto³⁹⁻⁴¹. Isso pode ser observado em relação ao comportamento das amostras com maior concentração de leiteiro frente à análise de teste de velocidade de derretimento, que será discutido mais à frente.

Os sorvetes com maior concentração de leiteiro (F4, F8 e BM20) apresentaram maiores teores de proteína e caseína. E formulações com maior concentração de soro e leite/creme (F1, F2 e W20) são formulações com menor teor de proteína e caseína. Essa relação também foi observada no trabalho desenvolvido por Meneses et al.³⁴ (Tabela 13) que substituiu o leite, usando diferentes concentrações, por coprodutos lácteos em sorvetes. Sendo que, os sorvetes com leiteiro, quando comparados com os demais, apresentaram teor de proteína numericamente superior, apesar de ter sido utilizado leiteiro líquido.

Já em relação ao teor de nitrogênio não proteico (NNP), o sorvete com maior concentração de soro e leiteiro em sua composição foi o que apresentou maior teor de NNP (F4). As amostras F2, F5, F7, F8 e W20, apresentaram maior concentração de proteínas do soro. Isso ocorreu em virtude de o soro em pó apresentar, proporcionalmente maior teor de proteínas do soro em sua composição do que os demais ingredientes.

Assim como as proteínas, a gordura desempenha papel fundamental e interfere na textura e cremosidade dos sorvetes, sendo que durante a etapa de batimento e congelamento, provoca o envolvimento parcial e estabilização das bolhas de ar que resulta na formação da estrutura coloidal dos sorvetes^{38,42}. Assim, o teor de lipídeos é diretamente relacionado não só com atributos de qualidade sensorial do produto, como também com a estrutura que compõe esse produto^{43,36}. Os sorvetes funcionais apresentaram teor de lipídeos entre 13.84% e 18.01%, sendo categorizados em sorvetes *premium*³⁸, que apresentam gordura entre 12 – 14% (F4, F6, F8, W20 e BM20), a *super premium*, que apresentam teor de gordura entre 14 – 18%³⁸. Esses valores foram superiores aos dos sorvetes fabricados nos trabalhos desenvolvidos por Ramos³⁵, Faresin³³ e Meneses et al.³⁴ (Tabela 13), que obtiveram formulações classificadas nas categorias de sorvetes light (2 a 5% de gordura) e sorvetes com baixo teor de gordura (5 a 7% de gordura)³⁸.

TABELA 13 - Caracterização físico-química de diferentes sorvetes de creme descritos na literatura.

Produto	Ingredientes (%)															Análises físico-químicas							Referências
	Leite em pó	Açúcar	Glico se em pó	Creme de leite em pó	Liga HS90	Pannamont	Cacau	Água	Leite em pó desnatado	Liga neutra	Glicose	Topping	Emustab	Creme de leite	Saboriz.	pH	Acidez (%)	Umidade (%)	Cinzas (%)	Proteína (%)	Lipídeos (%)	Lactose (%)	
Sorvete L ¹	14,5	13	3	4	0,5	1	4	60	—	—	—	—	—	—	—	7.07	0.20	65.5	1.00	4.3	3.7	7.96	Ramos ³⁵
Sorvete SL	14,5	11	1	4	0,5	1	4	64	—	—	—	—	—	—	—	7.00	0.20	69.2	1.01	4.4	3.6	—	
Sorvete F1	—	10	—	—	—	—	—	44,4	13,33	1,67	3,33	1,67	1,11	22,22	2,22	6.98	0.59	66.99	1.20	2.29	6.72	—	Faresin ³³
Sorvete F2	—	10	—	—	—	—	—	44,4	13,33	1,67	3,33	1,67	1,11	22,22	2,22	6.85	0.43	62.40	2.27	2.30	5.33	—	
Sorvete F3	—	10	—	—	—	—	—	44,4	13,33	1,67	3,33			22,22	2,22	6.81	0.45	64.20	1.17	2.37	3.95	—	
Sorvete F4	—	10	—	—	—	—	—	44,4	13,33	1,67	3,33			11,11	2,22	6.79	0.45	61.07	1.51	2.61	2.59	—	

¹0,07 de lactase.

TABELA 13.1 (Cont.) - Caracterização físico-química de diferentes sorvetes de creme descritos na literatura.

Produto	Ingredientes (%)								Análises físico-químicas							Referências
	Leite	Soro líquido	Leitelho líquido	Açúcar refinado	Creme de leite	Espessante e estabilizante	Emulsificante	Aromatizante de creme	pH	Acidez (%)	Umidade (%)	Cinzas (%)	Proteína (%)	Lipídeos (%)	Lactose (%)	
Sorvete 1	66,86	—	—	17,44	11,63	0,58	0,58	2,91	6.39	0.14	66.53	0.53	2.30	4.11	—	Meneses et al. ³⁴
Sorvete 2	16,72	50,14	—	17,44	11,63	0,58	0,58	2,91	6.19	0.12	68.26	0.52	2.05	3.44	—	
Sorvete 3	33,43	33,43	—	17,44	11,63	0,58	0,58	2,91	6.15	0.13	70.22	0.50	1.68	2.94	—	
Sorvete 4	50,14	16,72	—	17,44	11,63	0,58	0,58	2,91	6.13	0.12	71.53	0.46	1.57	2.86	—	
Sorvete 5	—	66,86	—	17,44	11,63	0,58	0,58	2,91	6.09	0.14	72.73	0.38	1.11	2.30	—	
Sorvete 6	50,14	—	16,72	17,44	11,63	0,58	0,58	2,91	5.48	0.34	67.70	0.53	2.24	4.07	—	
Sorvete 7	33,43	—	33,43	17,44	11,63	0,58	0,58	2,91	5.19	0.44	68.17	0.52	2.21	3.64	—	
Sorvete 8	16,72	—	50,14	17,44	11,63	0,58	0,58	2,91	4.73	0.65	68.59	0.51	2.24	3.48	—	
Sorvete 9	—	—	66,86	17,44	11,63	0,58	0,58	2,91	4.37	0.88	69.38	0.50	2.12	3.19	—	

A formulação F5, fabricada com 75.84% de leite/creme, foi a que apresentou maior teor de lipídeos ($18.01\text{g}/100\text{g} \pm 0.42$) e as formulações fabricadas com maior concentração de soro e leiteiro, tendo a somatória desses ingredientes entre 20% e 30%, apresentaram menor teor de lipídeos (F4, F6, F8, W20 e BM20). Essa correlação também foi observada no trabalho desenvolvido por Meneses et al.³⁴, em que à medida que as formulações foram produzidas com maior teor de soro líquido e maior teor de leiteiro líquido, menor foi o teor de lipídeos dessas amostras. No mesmo sentido, essa correlação também foi observada em trabalho realizado por Costa⁴⁴, com sorvetes simbióticos de açaí, sendo que a amostra com maior teor de concentrado proteico de soro de leite (4%), foi a amostra com menor teor de lipídeos ($2.95\% \pm 0.22$).

A lactose apresentou maior teor nos sorvetes com maior concentração de soro e leiteiro. No sorvete com maior concentração de leite/creme (F1) esse parâmetro foi o menor dentre as formulações, sendo um resultado equiparado à correlação negativa entre a concentração de leite/creme e o teor de lactose dos sorvetes (Tabela 12). Especialmente o soro em pó, seguido do leiteiro, apresenta maior teor de lactose dentre os ingredientes (Tabela 9), assim os sorvetes com maiores concentrações desses coprodutos apresentam maior teor de lactose.

No gráfico de correlação entre os parâmetros físico-químicos da matéria-prima e os sorvetes funcionais (Figura 7), as formulações encontram-se visualmente mais agrupadas. No entanto, é possível verificar a relação e influência dos ingredientes sobre os parâmetros físico-químicos analisados. Uma alta correlação positiva entre as variáveis, é demonstrada pela maior proximidade das setas e pelo menor ângulo formado entre elas e as variáveis inversamente proporcionais, formam um ângulo de 180° entre as setas.

Assim, o leite e o creme, estabelecem correlação positiva, estando no mesmo quadrante, com os teores de umidade, lipídeos e pH, ao contrário do soro e leiteiro que estão em quadrantes opostos a estes parâmetros. Em contrapartida, o soro apresenta maior relação e influência sobre os teores de lactose e acidez e o leiteiro apresenta maior relação com os teores de proteína e caseína do que os demais ingredientes. Corroborando com a análise de variância (Tabela 11) dos parâmetros físico-químicos dos sorvetes.

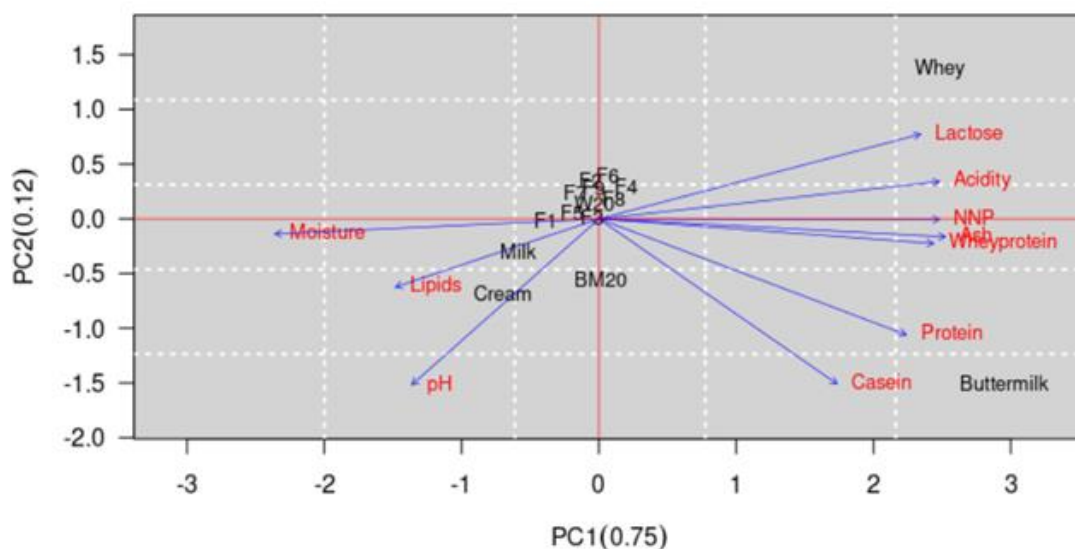


FIGURA 7 - Análise de Componentes Principais entre ingredientes, sorvetes funcionais e parâmetros físico-químicos

F1: 79.99% leite/creme, 4.44% de soro e 4.44% de leiteinho; **F2:** 71.10% leite/creme, 13.33% de soro e 4.44% de leiteinho; **F3:** 71.10% leite/creme, 4.44% de soro e 13.33% de leiteinho; **F4:** 62.21% leite/creme, 13.33% de soro e 13.33% de leiteinho; **F5:** 75.54% leite/creme, 4.44% de soro e 8.89% de leiteinho; **F6:** 66.65% leite/creme, 13.33% de soro e 8.89% de leiteinho; **F7:** 75.54% leite/creme, 8.89% de soro e 4.44% de leiteinho; **F8:** 66.65% leite/creme, 8.89% de soro e 13.33% de leiteinho; **F9:** 71.10% leite/creme, 8.89% de soro e 8.89% de leiteinho; **W20:** 71.10% leite/creme e 17.77% de soro; **BM20:** 71.10% leite/creme e 17.77% de leiteinho

3.2.1. Overrun

Os resultados dos sorvetes funcionais para análise de *overrun*, estão apresentados na Tabela 14.

TABELA 14 - Valores de *overrun* (%) obtidos para as diferentes formulações de sorvetes funcionais após a etapa de batimento e congelamento (n=2)

Formulações	Leite/Creme (%)	Soro (%)	Leiteinho (%)	Overrun (%)
F1	79.99	4.44	4.44	43.15 ± 0.03 ^a
F2	71.10	13.33	4.44	35.65 ± 0.01 ^d
F3	71.10	4.44	13.33	31.76 ± 0.02 ^g
F4	62.21	13.33	13.33	25.40 ± 0.03 ^k
F5	75.54	4.44	8.89	36.47 ± 0.01 ^c
F6	66.65	13.33	8.89	31.84 ± 0.01 ^f
F7	75.54	8.89	4.44	37.07 ± 0.06 ^b
F8	66.65	8.89	13.33	30.04 ± 0.01 ⁱ
F9	71.10	8.89	8.89	30.74 ± 0.02 ^h
W20	71.10	17.77	0	29.44 ± 0.04 ^j
BM20	71.10	0	17.77	32.98 ± 0.02 ^e

As médias seguidas de letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste Scott-Knott.

Não houve, estatisticamente, semelhança entre os sorvetes para a análise de incorporação de ar. As porcentagens de *overrun* dos sorvetes fabricados variou entre 25.40% e 43.15%, sendo, em relação a esse parâmetro, sorvetes com maior teor de gordura, classificados como *super premium*, que apresentam taxa de incorporação de ar entre 25-50%¹⁸. Essa faixa de variação também foi encontrada por Sousa⁴⁵, para sorvetes simbióticos de graviola; por Costa⁴⁴, para sorvetes simbióticos de açaí e Faresin³³, para sorvetes funcionais com redução de açúcar e gordura. No trabalho desenvolvido por Faresin³³, a formulação padrão, sem adição de inulina, *Spirulina* e sem redução de gordura apresentou maior taxa de incorporação de ar (37.8%) e a formulação sem adição de emulsificante e com redução de 50% no teor de gordura, apresentou menor valor de *overrun* (28.8%).

De forma semelhante ao observado por Faresin³³, no presente trabalho, o sorvete F1, que apresenta maior teor de leite/creme e alto teor de lipídeos (16.75g/100g $\pm$ 0.42), apresentou maior valor de taxa de incorporação de ar. E a formulação F4, com menor teor de leite/creme e concentração de lipídeos menor que a F1, apresentou o menor valor de *overrun*.

Essa correlação positiva entre o teor de gordura e o valor de *overrun*³⁷ é explicado pelo fato de que na etapa de batimento e congelamento dos sorvetes, a gordura sofre coalescência parcial e promove a adsorção das bolhas de ar que são formadas, promovendo a estabilização, o aprisionamento dessas bolhas e a formação de uma microestrutura coloidal que interfere diretamente na textura do produto²².

Em casos de menor teor de gordura, menor será a estabilização das bolhas de ar e consequentemente menor será o valor de *overrun*. Assim, para não ocorrer efeitos indesejáveis em relação à textura de sorvetes, há necessidade de ter um controle cuidadoso com o teor de lipídeos e valor de *overrun*, especialmente, em sorvetes com redução de teor de gordura, onde é fundamental a utilização de substitutos de gordura.

O *overrun* influencia diretamente na textura e na velocidade de derretimento dos sorvetes. Os sorvetes com menor incorporação de ar derretem mais rapidamente que sorvetes com *overrun* mais elevado. Isso ocorre provavelmente em virtude da transferência de calor dos sorvetes com maior *overrun* ocorrer mais lentamente⁴⁶, visto que o ar é um bom isolante térmico e reduz essa transferência de calor. Neste trabalho, foi possível observar que esse comportamento foi contrário entre os sorvetes produzidos, sendo discutido no tópico a seguir.

3.2.2. Teste de velocidade de derretimento

O comportamento dos sorvetes durante o derretimento foi expresso por meio regressão logística (Figura 8), em virtude de as amostras não apresentarem linearidade durante o derretimento. De forma que, em determinados espaços de tempo, o derretimento ocorria mais rapidamente (Tabela 15).

TABELA 15 - Comportamento em relação ao peso dos sorvetes funcionais durante o teste de velocidade de derretimento (g/min, a cada 10 minutos)

Tempo	Formulações (g/min)										
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	W20	BM20
10'	0.65	0.07	0.03	0.01	0.09	0.07	0.13	0.01	0.10	0.01	0.01
20'	1.80	0.35	0.17	0.52	0.41	0.42	0.37	0.22	0.34	0.01	0.07
30'	2.93	0.85	0.74	1.41	1.02	0.96	1.04	1.20	2.26	0.21	0.73
40'	3.56	1.67	2.06	2.71	1.90	1.50	2.03	2.83	3.60	0.75	1.80
50'	3.88	2.32	3.48	3.80	2.96	1.97	3.20	4.14	3.72	1.39	3.07
60'	4.05	2.86	4.31	3.95	3.63	2.30	3.96	4.37	3.95	1.94	4.00
70'	4.10	3.18	4.48	3.95	4.14	2.54	4.32	4.42	4.33	2.15	4.44

As formulações, com exceção da F1 apresentaram maior estabilidade e baixa taxa de derretimento durante os primeiros 20 minutos de análise. É possível observar que a formulação com maior teor de leite/creme (F1) em sua composição é também a formulação que apresenta maior velocidade de derretimento, inclusive visualmente (Figura 9), apesar de ter apresentado alto teor de lipídeos (Tabela 11) e maior *overrun* (Tabela 14). Isso pode ser explicado pela maior concentração de soro e de leiteiro nas demais formulações, diretamente relacionados com o maior teor de proteína (Tabela 11).

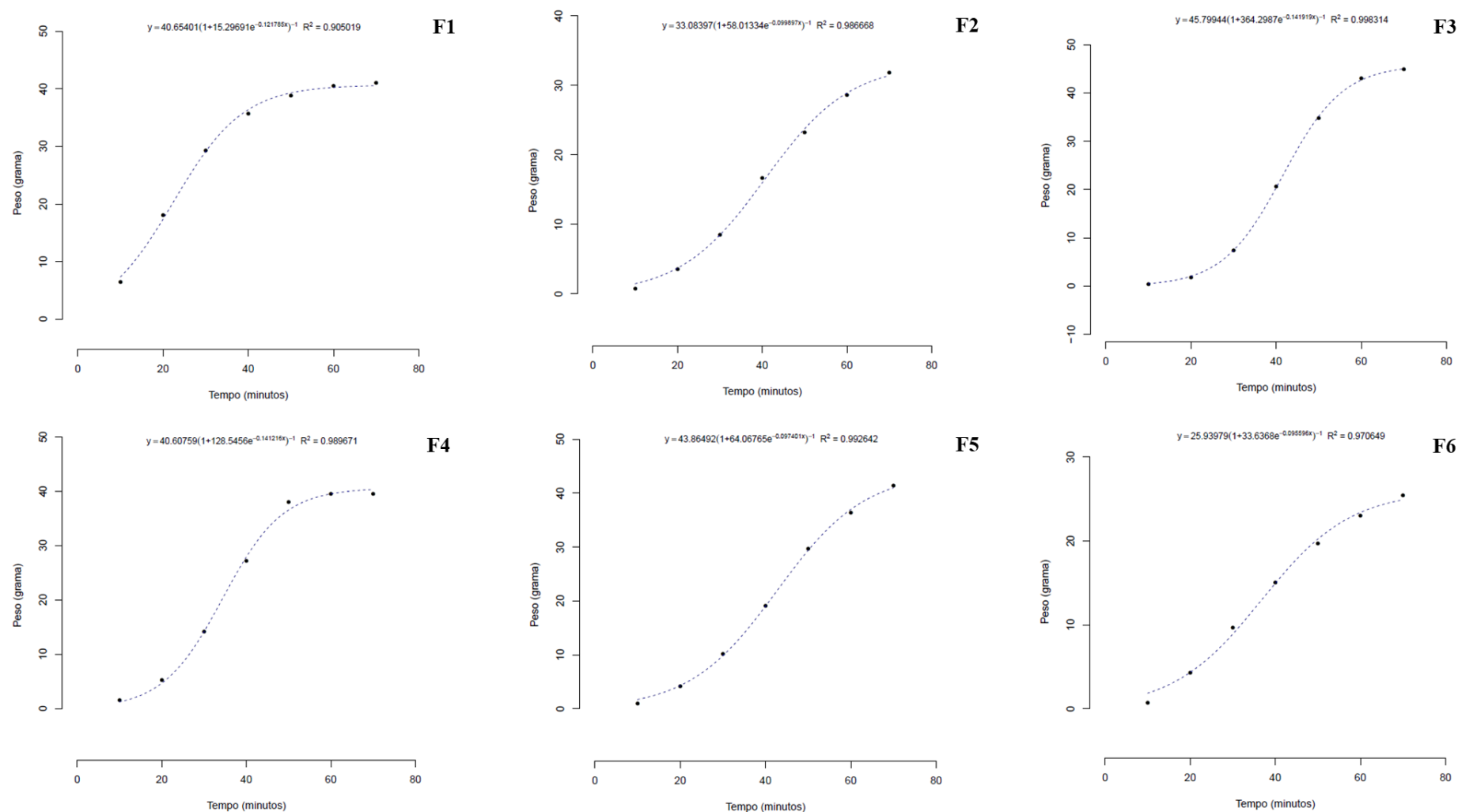


FIGURA 8 - Teste de velocidade de derretimento dos sorvetes funcionais

F1: 79.99% leite/creme, 4.44% de soro e 4.44% de leiteinho; **F2:** 71.10% leite/creme, 13.33% de soro e 4.44% de leiteinho; **F3:** 71.10% leite/creme, 4.44% de soro e 13.33% de leiteinho; **F4:** 62.21% leite/creme, 13.33% de soro e 13.33% de leiteinho; **F5:** 75.54% leite/creme, 4.44% de soro e 8.89% de leiteinho; **F6:** 66.65% leite/creme, 13.33% de soro e 8.89% de leiteinho.

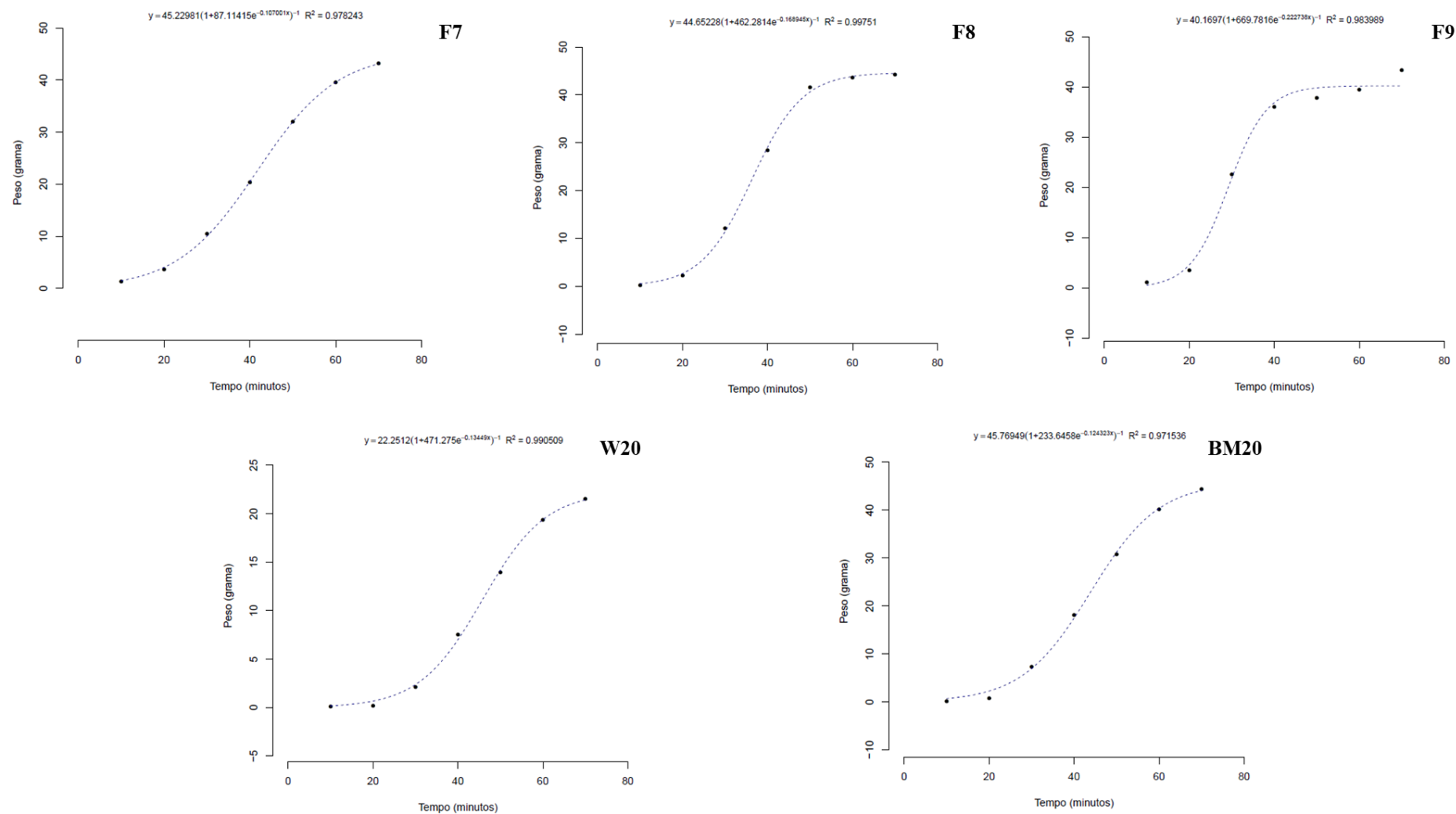


FIGURA 8.1 – (Cont.) Teste de velocidade de derretimento dos sorvetes funcionais

F7: 75.54% leite/creme, 8.89% de soro e 4.44% de leiteinho; **F8:** 66.65% leite/creme, 8.89% de soro e 13.33% de leiteinho; **F9:** 71.10% leite/creme, 8.89% de soro e 8.89% de leiteinho; **W20:** 71.10% leite/creme e 17.77% de soro; **BM20:** 71.10% leite/creme e 17.77% de leiteinho

E em trabalho desenvolvido por Meneses et al.³⁴ e Ramos et al.⁴⁷, foi possível observar menores taxas de derretimento/minuto a medida que as formulações apresentavam maior concentração de soro e de leite, sendo resultados alinhados com os obtidos neste trabalho.

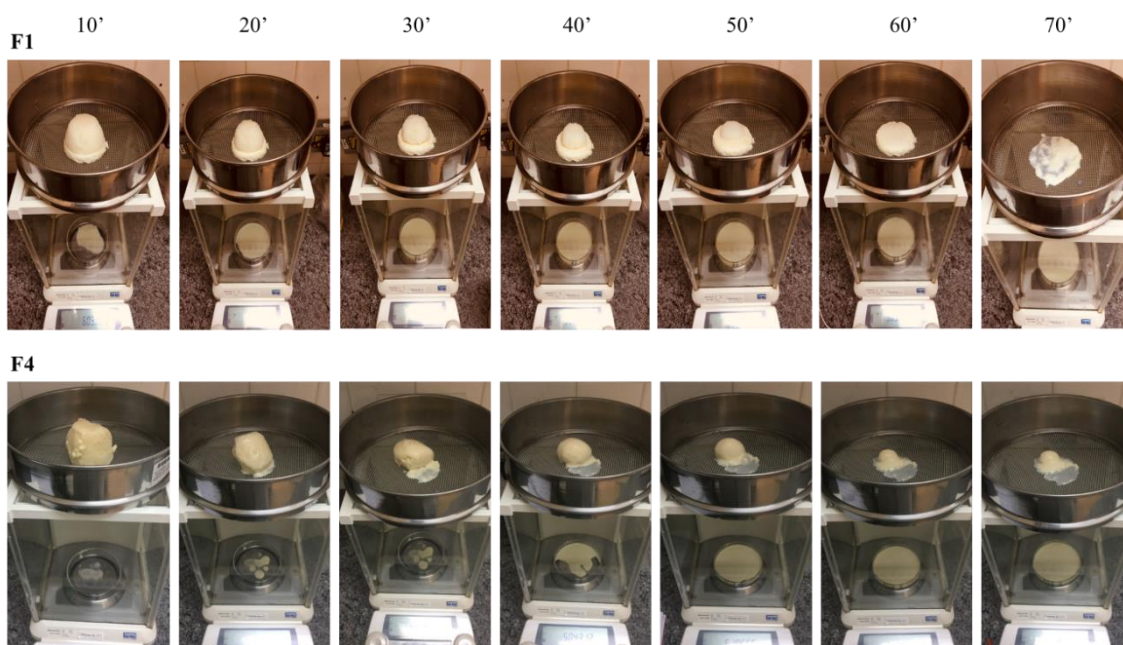


FIGURA 9 - Comparação entre os comportamentos das F1(79.99% leite/creme,4.44% de soro e 4.44% de leite) e F4 (62.21% leite/creme, 13.33% de soro e 13.33% de leite) a cada 10 minutos, no teste de velocidade de derretimento durante 70 minutos.

Devido à alta concentração de proteína nesses sorvetes funcionais, é possível inferir que a capacidade de retenção de água, maior estabilidade das lamelas entre as bolhas de ar e maior tempo de derretimento foi em virtude das propriedades tecnológicas estruturais desempenhadas por esse componente. Tal comportamento é evidenciado na Figura 9, onde pode-se observar pela estrutura do sorvete, bem como o coletado na placa de petri, que a formulação com menor concentração de leite/creme (F4) apresentou menor velocidade de derretimento não só durante os 20 primeiros minutos que a F1, como também no decorrer da análise, apesar desta formulação apresentar, visualmente, uma estrutura mais intacta.

3.2.3. Coordenadas colorimétricas dos sorvetes funcionais

A cor tem impacto direto na aceitação do produto pelo consumidor, sendo considerado um importante parâmetro²⁵, em virtude da sua alta correlação com a qualidade do produto. Para lácteos, usualmente, devido às características dos produtos, as tonalidades brancas e amareladas são predominantes, bem aceitas e associadas a esses produtos pelos consumidores.

Os valores encontrados em relação à coloração dos sorvetes funcionais estão apresentados na Tabela 16.

TABELA 16 - Colorimetria das diferentes formulações de sorvetes funcionais (médias $\pm$ desvio padrão, n=3)

Form. ¹	Leite/ Creme (%)	Soro (%)	Leitelho (%)	L*	-a*	+b*	Chroma	Hue°
F1	79.99	4.44	4.44	79.30 $\pm$ 0.10 ^a	1.40 $\pm$ 0.00 ^d	10.57 $\pm$ 0.05 ^f	10.66 $\pm$ 0.06 ^f	82.45 $\pm$ 0.04 ^d
F2	71.10	13.33	4.44	77.33 $\pm$ 0.14 ^c	1.20 $\pm$ 0.00 ^e	14.23 $\pm$ 0.30 ^b	14.28 $\pm$ 0.30 ^c	85.18 $\pm$ 0.10 ^b
F3	71.10	4.44	13.33	79.40 $\pm$ 0.07 ^a	1.47 $\pm$ 0.05 ^d	13.87 $\pm$ 0.15 ^c	13.94 $\pm$ 0.15 ^c	83.96 $\pm$ 0.26 ^c
F4	62.21	13.33	13.33	77.03 $\pm$ 0.05 ^d	1.57 $\pm$ 0.05 ^d	14.07 $\pm$ 0.07 ^c	14.15 $\pm$ 0.33 ^c	83.64 $\pm$ 0.09 ^c
F5	75.54	4.44	8.89	79.03 $\pm$ 0.05 ^b	2.07 $\pm$ 0.05 ^b	12.10 $\pm$ 0.00 ^e	12.27 $\pm$ 0.01 ^e	80.31 $\pm$ 0.27 ^e
F6	66.65	13.33	8.89	75.93 $\pm$ 0.14 ^e	1.13 $\pm$ 0.11 ^e	15.40 $\pm$ 0.00 ^a	15.44 $\pm$ 0.18 ^a	85.79 $\pm$ 0.38 ^a
F7	75.54	8.89	4.44	77.50 $\pm$ 0.10 ^c	2.10 $\pm$ 0.10 ^b	12.37 $\pm$ 0.05 ^e	12.54 $\pm$ 0.07 ^e	80.36 $\pm$ 0.41 ^e
F8	66.65	8.89	13.33	75.97 $\pm$ 0.00 ^e	2.33 $\pm$ 0.05 ^a	14.40 $\pm$ 0.00 ^b	14.59 $\pm$ 0.01 ^b	80.80 $\pm$ 0.22 ^e
F9	71.10	8.89	8.89	77.30 $\pm$ 0.00 ^c	1.10 $\pm$ 0.10 ^e	13.97 $\pm$ 0.00 ^c	14.01 $\pm$ 0.24 ^c	85.50 $\pm$ 0.35 ^b
W20	71.10	17.77	0	77.23 $\pm$ 0.15 ^c	1.00 $\pm$ 0.10 ^e	15.27 $\pm$ 0.05 ^a	15.30 $\pm$ 0.06 ^a	86.25 $\pm$ 0.37 ^a
BM20	71.10	0	17.77	76.77 $\pm$ 0.30 ^d	1.70 $\pm$ 0.10 ^c	12.77 $\pm$ 0.05 ^d	12.88 $\pm$ 0.06 ^d	82.41 $\pm$ 0.44 ^d

As médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste Scott-Knott.

¹Todas as formulações continham 10% de açúcar cristal, 1% de emulsificante e 0.13% de aromatizante de baunilha.

L* = Luminosidade, L = 0 (preto) e L=100 (branco); a* = dimensão verde a vermelho, (-a*) = verde e (+a*) = vermelho; b* = dimensão azul a amarelo, (-b*) = azul e (+b*) = amarelo.

A luminosidade expressa pela coordenada L* varia de 0 a 100, representando a luminosidade ou brilho em que 0 indica o preto e 100 indica o branco total²⁵. Os valores de L* dos sorvetes funcionais variaram de 75.93 a 79.40, inferindo que as amostras possuíam tonalidades mais claras, próximas ao branco. Isso provavelmente está

interligado a concentração de leite/creme dessas amostras, visto que as partículas coloidais do leite, como as micelas de caseína e especialmente, os glóbulos de gordura, são capazes de dispersar luz no espectro visível, resultando na cor branca do leite. Ainda, essa dispersão não é fortemente dependente do comprimento de onda, portanto a cor branca é visivelmente predominante nesse produto³⁷ e esses ingredientes apresentaram média de 82.57 e 83.97 para valor de L^* , sendo mais próximo de 100.

Assim, foi possível observar que os sorvetes com menor teor de leite/creme, entre 70 e 75% (F4, F6 e F8), e maior concentração de soro e leiteiro, apresentaram valor de L^* mais distante de 100. Essa mesma relação foi observada em trabalho realizado por Meneses et al.³⁴ em que os sorvetes produzidos com maior teor de soro líquido e leiteiro líquido, apresentaram menores valores de L^* .

Com relação ao parâmetro a^* que está relacionado com a intensidade das cores verde (-80) e vermelho (+100), foi possível observar que todas as amostras possuíam uma maior tendência para a cor verde. No entanto, essa tendência foi singela ou próxima a neutralidade das cores especificadas para esse parâmetro, variando apenas de -2.33 a -1.10 (Tabela 16).

Todas as amostras de sorvete funcional apresentaram maior tendência para intensidade de cor amarela ($+b^*$) do que para a cor azul ($-b^*$). Corroborando para o que visualmente já é observado, porque os ingredientes utilizados são propensos a terem coloração branca e/ou amarelada, em virtude da presença dos glóbulos de gordura e micelas de caseína que favorecem a visualização da cor branca; da presença de β -caroteno no creme e riboflavina no soro, que conferem a esses ingredientes a coloração amarelada³⁷.

As formulações que apresentaram maior valor de b^* , ou seja, maior intensidade da cor amarela, foram as produzidas com maior concentração de soro em pó (Tabela 16) e dentre esses ingredientes, o soro em pó é que tem um maior realce para cor amarela.

Considerando o atributo quantitativo para intensidade de cor (Chroma), em que valores próximos a 0 indicam coloração mais opaca e acinzentada e valores próximos de 60 indicam cores mais vívidas, intensas e mais perceptíveis pela visão humana^{48,25}, os sorvetes com maior intensidade de cor foram os que apresentaram maior valor do parâmetro b^* . O valor de Chroma das amostras variou de 10.66 a 15.40, e está diretamente relacionado aos valores de a^* e b^* . Assim, a formulação com maior concentração de

leite/creme (F1), com menor valor de b^* e baixo valor de a^* foi a que apresentou a menor saturação (10.66 ± 0.06).

Em relação ao atributo qualitativo de cor (Hue°), que varia entre 0 e 360°, sendo 0° – vermelho, 90° – amarelo, 180° – verde e 270° – azul⁴⁸, os sorvetes funcionais apresentaram coloração próximo ao amarelo, variando entre 80.31° e 86.25°. As amostras com maior valor de b^* e Chroma foram também as amostras com maior valor de ângulo Hue° (F6 e W20), sendo que o valor de b^* tem uma correlação mais significativa, nesse trabalho, com esse parâmetro do que o valor de a^* , já que o parâmetro a^* em todas as formulações foi mais próximo à neutralidade.

3.3. Design simplex centroide

Os dados da caracterização físico-química (Tabela 11) permitiram testar os modelos lineares, quadráticos e cúbicos. Para verificar o grau de significância de cada modelo foi realizada a análise de variância (ANOVA) ao nível de 5% de significância entre os modelos. Os coeficientes de determinação experimental (R^2) e coeficiente de determinação ajustado (R_A^2) foram determinados para avaliar o grau de variabilidade dos modelos. Sendo que, quanto mais próximos esses coeficientes forem perto de um, melhor é o modelo e melhor é o ajuste aos dados do parâmetro avaliado.

Na Tabela 17, estão apresentados o nível de significância de cada modelo (valor-p) e os coeficientes dos modelos testados para os parâmetros avaliados.

Para as variáveis umidade, proteínas e acidez o modelo quadrático apresentou melhor ajuste, resultados significativos e coeficientes de determinação próximos a um. Já para as variáveis cinzas, nitrogênio não proteico e caseína, o melhor modelo foi o linear e para as variáveis resposta de pH e lipídeos o melhor modelo foi o cúbico espacial.

Apenas para o teor de lipídeos em que os valores de R^2 e R_A^2 estão mais distantes de um, o ajuste não é tão significativo quanto para as demais variáveis analisadas.

TABELA 17 - Valor-p, coeficiente de determinação experimental (R^2) e coeficiente de determinação ajustados (R_A^2) de cada modelo testado para cada variável resposta

Variável Resposta	Modelos	Valor-p	R^2	R_A^2
Umidade	Quadrático	0,0080	0,9404	0,9262
Cinzas	Linear	0,0000	0,9770	0,9751
Proteínas	Quadrático	0,0009	0,8268	0,7855
Lipídeos	Cúbico	0,0188	0,7845	0,7199
pH	Cúbico	0,0000	0,9926	0,9904
Acidez	Quadrático	0,0000	0,9975	0,9969
Nitrogenio não proteico	Linear	0,0000	0,8442	0,8313
Caseína	Linear	0,0000	0,9801	0,9784
Lactose	Cúbico	0,0000	0,9809	0,9752

Na Tabela 18, estão descritas as equações dos modelos matemáticos que descrevem o comportamento de cada variável resposta em relação a cada variável independente: soro (x_1), leiteiro(x_2) e leite/creme(x_3).

TABELA 18 - Modelos matemáticos para os parâmetros físico-químicos em relação ao soro (x_1), leiteiro (x_2) e leite/creme (x_3) em pseudocomponentes.

Variável Resposta	Modelos Matemáticos
Umidade	$Y = 57,07x_1 + 55,22x_2 + 61,41x_3 - 18,70x_1x_2 - 12,80x_1x_3 - 13,63x_2x_3$
Cinzas	$Y = 1,59x_1 + 1,78x_2 + 0,94x_3$
Proteínas	$Y = 2,60x_1 + 9,84x_2 + 3,52x_3 - 3,67x_1x_2 + 6,28x_1x_3 - 1,90x_2x_3$
Lipídeos	$Y = 14,67x_1 + 7,96x_2 + 16,63x_3 + 13,05x_1x_2 - 0,43x_1x_3 + 17,22x_2x_3 - 34,93x_1x_2x_3$
pH	$Y = 6,71x_1 + 6,84x_2 + 6,63x_3 - 1,67x_1x_2 - 0,95x_1x_3 - 0,95x_2x_3 + 1,36x_1x_2x_3$
Acidez	$Y = 0,52x_1 + 0,48x_2 + 0,21x_3 - 0,26x_1x_2 - 0,15x_1x_3 - 0,16x_2x_3$
NNP	$Y = 0,09x_1 + 0,07x_2 + 0,03x_3$
Caseína	$Y = 3,88x_1 + 7,74x_2 + 3,12x_3$
Lactose	$Y = 28,46x_1 + 22,42x_2 + 8,06x_3 - 41,16x_1x_2 - 18,47x_1x_3 - 11,22x_2x_3 + 54,66x_1x_2x_3$

* termo não significativo a 5% de probabilidade ($p < 0,05$), porém mantido para melhor qualidade estatística do modelo. y = estimativa da resposta, x_1 = concentração de soro, x_2 = concentração de leiteiro, x_3 = concentração de leite/creme.

Os coeficientes próximos a um e a análise de variância, demonstraram que as equações podem ser utilizadas para fins preditivos em relação à variação nos teores dos ingredientes. Assim, a partir das equações matemáticas, é possível observar se há ou não

sinergismo entre as variáveis resposta e as variáveis independentes (soro, leite, leite/creme). E conseqüentemente, consegue-se prever o comportamento de novas formulações de sorvetes utilizando esses ingredientes.

Todos os coeficientes, isoladamente, produziram efeito sinérgico para cada variável resposta estudada. Com relação ao coeficiente x_3 (leite/creme), as interações demonstraram sinergia mais significativa com o modelo proposto para pH e para umidade, corroborando para o que foi observado anteriormente com os resultados apresentados na Tabela 11 e através da correlação de Pearson e Análise de Componentes Principais. No mesmo sentido, ocorre sinergia do modelo proposto para lipídeos e lactose em relação aos coeficientes x_1 (soro) e x_2 (leitelho).

Em relação à interação dos componentes da mistura foi possível observar efeitos antagônicos para os modelos de pH, acidez, umidade e lactose, ou seja, a interação entre os componentes não influenciou no aumento desses parâmetros.

Para a variável resposta proteína, os coeficientes da mistura (x_1 , x_2 , x_3) quando combinados, apenas a interação x_1x_3 apresentou sinergia para o modelo proposto desse parâmetro, sendo que as demais interações não foram significativas. No entanto, quando observados separadamente, os coeficientes apresentaram efeito sinérgico, e o leite (x₃) determinou o maior aumento. O mesmo pode ser observado para as variáveis respostas de caseína e nitrogênio não proteico, em que não há coeficientes de mistura binária ou ternária, mas quando analisados separadamente, os coeficientes apresentam sinergia para a variável resposta e o leite determina o maior aumento nesses parâmetros.

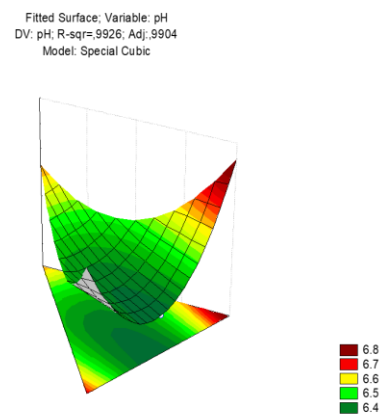
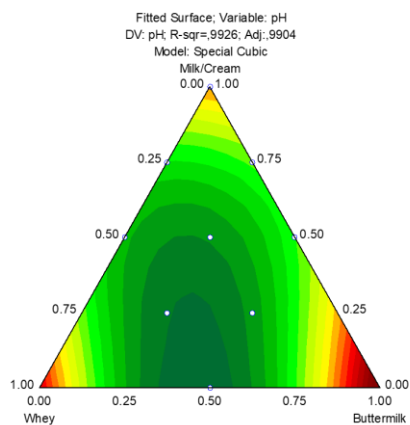
É possível verificar que para a variável resposta lipídeos, apenas a interação entre os coeficientes x_2x_3 apresentam sinergia para o modelo proposto para esse parâmetro. E se observados separadamente, o coeficiente de leite/creme (x_3) apresenta maior influência sobre esse parâmetro.

A combinação ternária ($x_1x_2x_3$) apenas apresentou sinergia para os parâmetros de pH e lactose. Em relação aos demais parâmetros, essa combinação não foi significativa ou apresentou antagonismo.

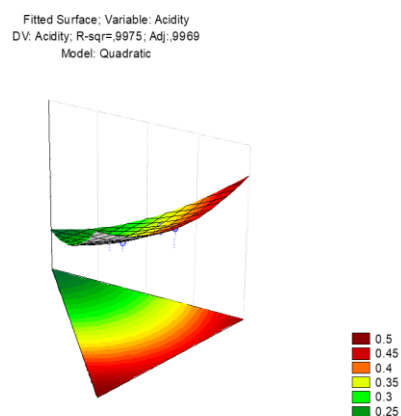
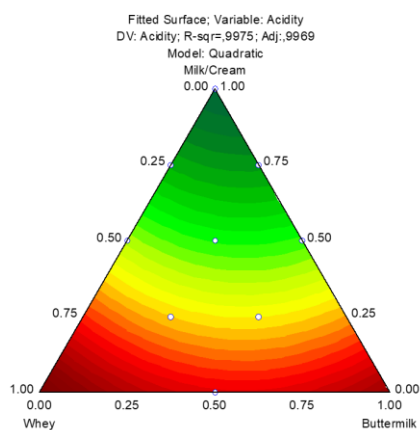
A partir dos modelos construídos, foi possível gerar curvas de nível para as variáveis respostas (pH, acidez, umidade, cinzas, proteínas, nitrogênio não proteico, caseína, lipídeos e lactose) em função das proporções das variáveis independentes (soro, leite e leite/creme) e observar a região de combinação binária e ternária entre essas variáveis.

A região de cor vermelha representa respostas com maior valor numérico e a região de cor verde representa as respostas de menor valor numérico (Figura 10).

pH



Acidez



Umidade

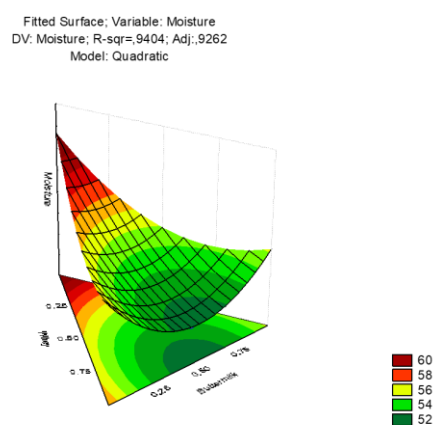
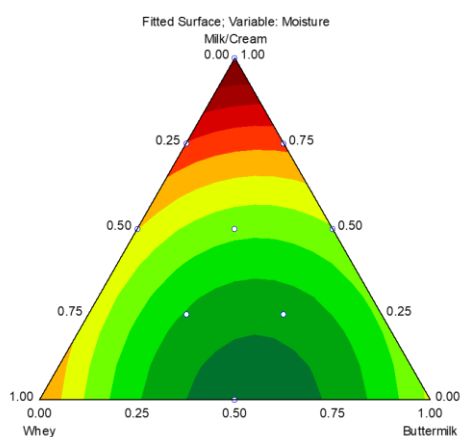
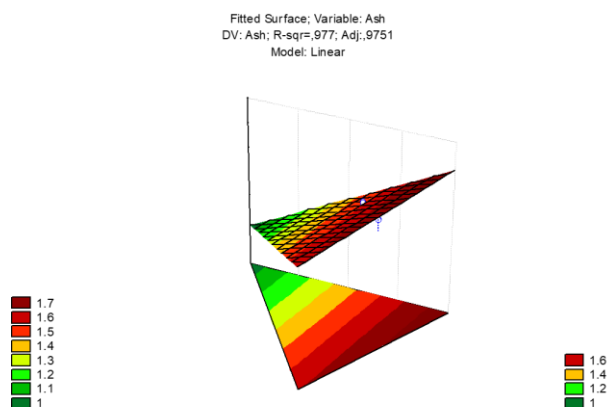
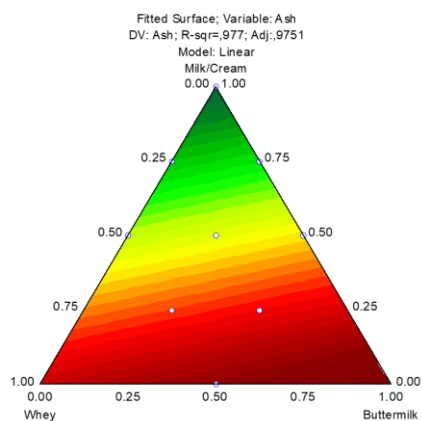
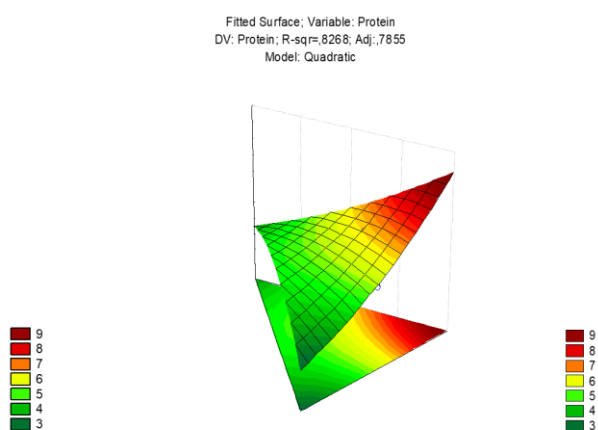
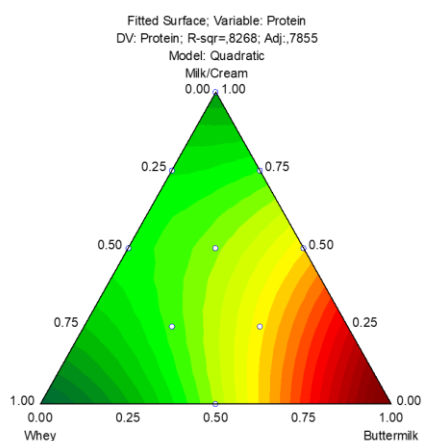


FIGURA 10 - Curvas de nível para a composição físico-química dos sorvetes funcionais

Cinzas



Proteína



Caseína

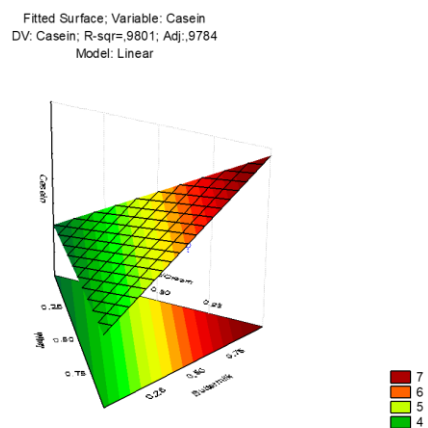
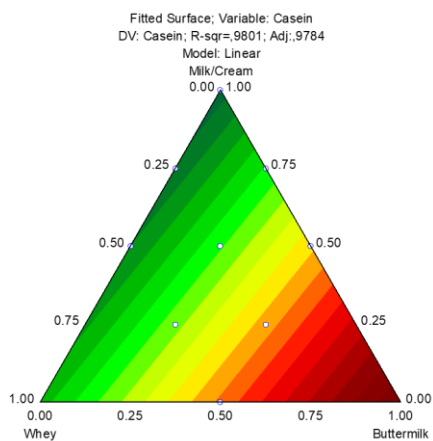
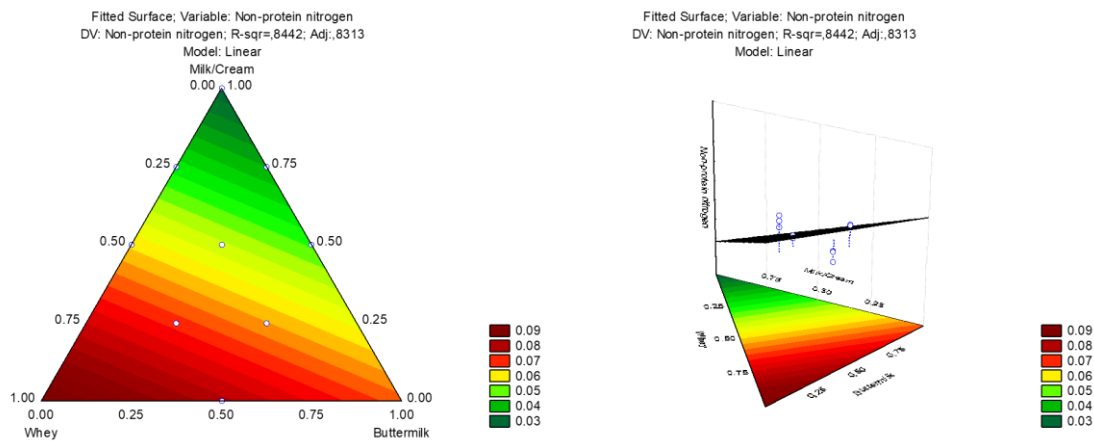
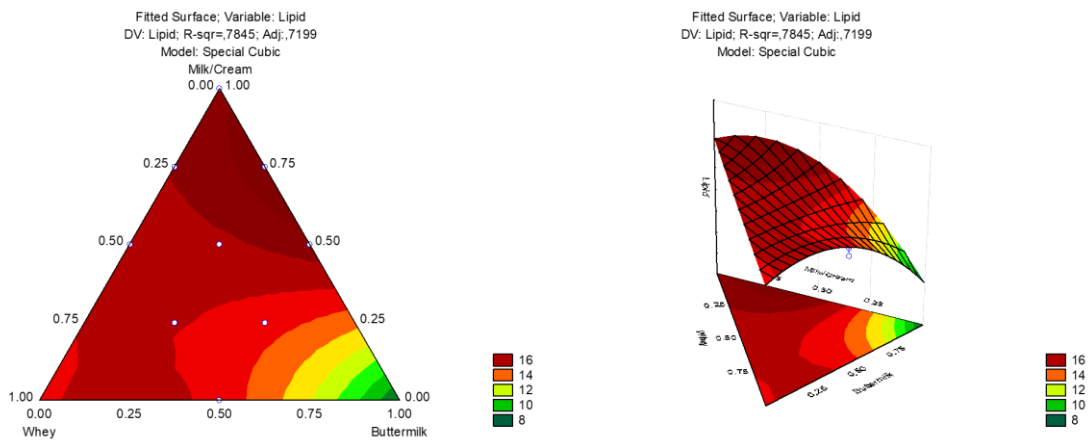


FIGURA 10.1 - (Cont.) Curvas de nível para a composição físico-química dos sorvetes funcionais

Nitrogênio
Não Proteico



Lipídeos



Lactose

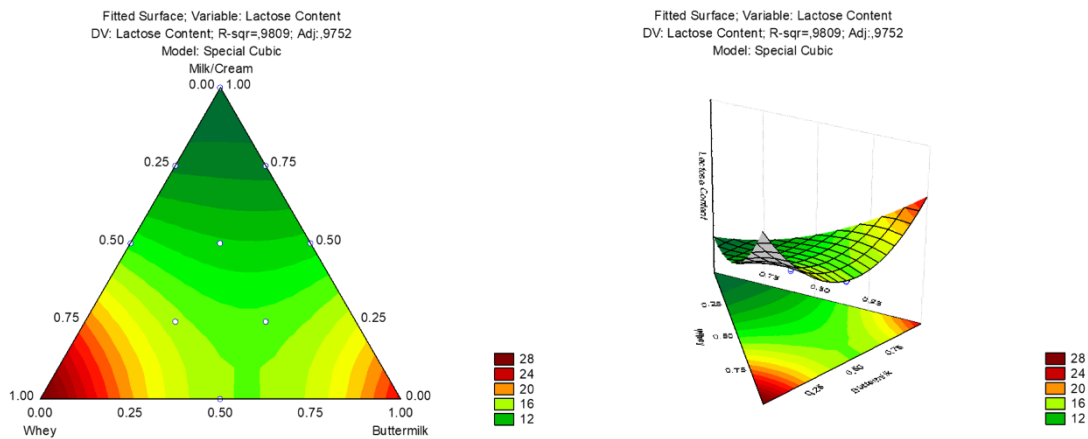


FIGURA 10.2 - (Cont.) Curvas de nível para a composição físico-química dos sorvetes funcionais

As curvas de nível, demonstram e ressaltam de maneira mais visual, o que já foi discutido e elucidado neste trabalho.

Em relação ao teor de pH e acidez, a curva de nível apresenta que amostras com maior teor de soro e leiteiro apresentam menor pH e maior acidez. Essa interação também propicia um maior teor de cinzas nos sorvetes funcionais. Já em relação a umidade e lipídeos, as curvas de nível demonstram que as amostras com maior teor de leite/creme apresentaram maiores valores.

As superfícies de resposta das proteínas, caseína e nitrogênio não proteico, demonstraram que a presença do leiteiro nas formulações determinou um maior aumento do teor proteico e de suas frações proteicas, enquanto a interação soro e leite/creme influenciaram na redução dessas variáveis.

Para lactose, a superfície de resposta demonstrou maiores valores no vértice que representa o fator puro da variável independente soro, assim, quanto maior a quantidade desse ingrediente, maior o teor de lactose dos sorvetes funcionais.

Além das curvas de nível demonstrarem visualmente o que foi observado nos modelos matemáticos, a análise gráfica correlacionando os valores obtidos experimentalmente e os valores preditos pelo modelo, tem o intuito de demonstrar visualmente a acurácia do ajuste dos modelos. Portanto, além do valor- p e dos coeficientes de determinação experimental e ajustado, realizou-se a análise gráfica para ressaltar a interação entre os valores observados *versus* valores preditos. Os gráficos obtidos através dessa interação estão representados na Figura 11.

A distribuição dos círculos azuis próximos à linha vermelha diagonal, representam os resultados observados e os resultados preditos, respectivamente. Logo, quanto mais próximos os círculos estão da linha vermelha, melhor a concordância e correlação entre os dados. Assim, além do valor-p e dos valores dos coeficientes de determinação experimental e ajustado, com a representação gráfica é possível afirmar que os modelos matemáticos gerados apresentaram um ajuste de qualidade satisfatória para os dados experimentais.

No entanto, ressalta-se que para a variável resposta lipídeos, os coeficientes foram menos satisfatórios quando comparados com os coeficientes das demais variáveis resposta. E isso pode ser facilmente visualizado no gráfico gerado (Figura 11.2), em que os círculos azuis se encontram mais dispersos e distantes da linha vermelha.

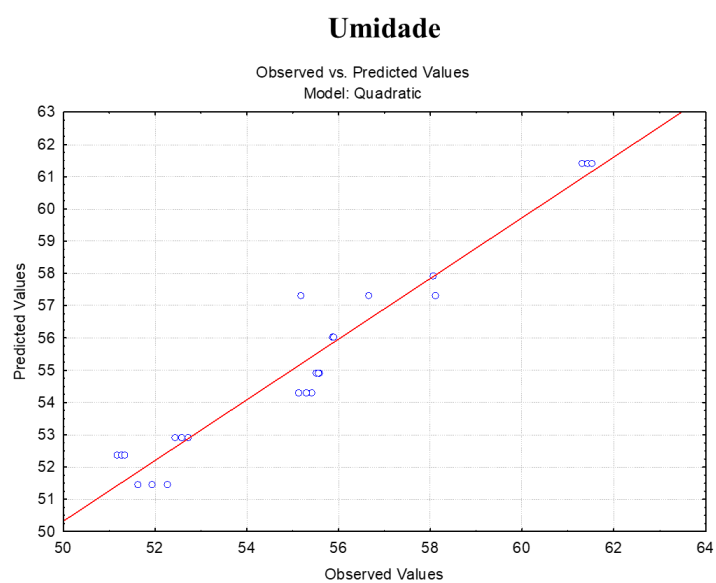
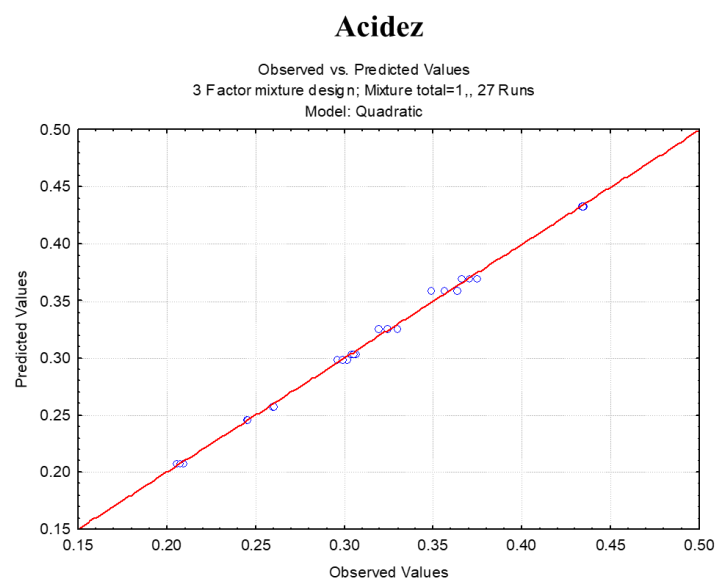
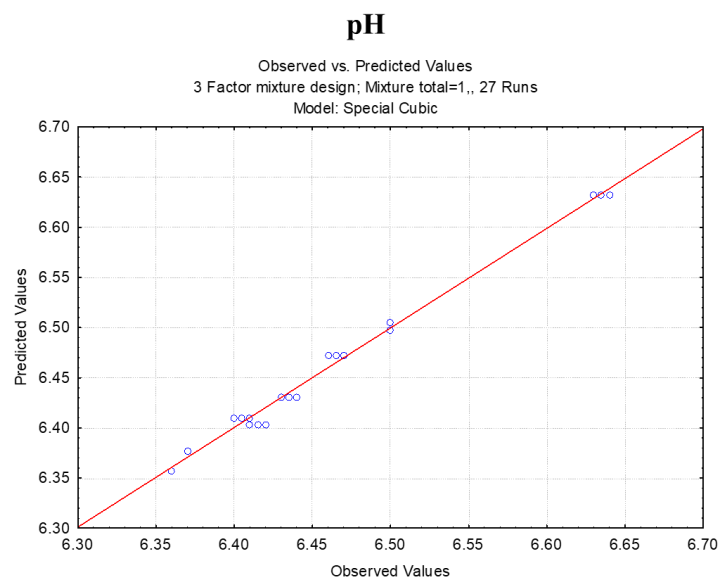
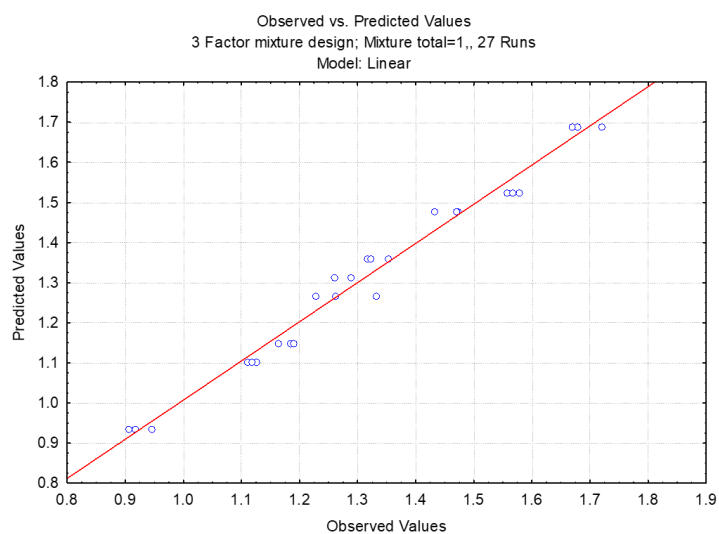
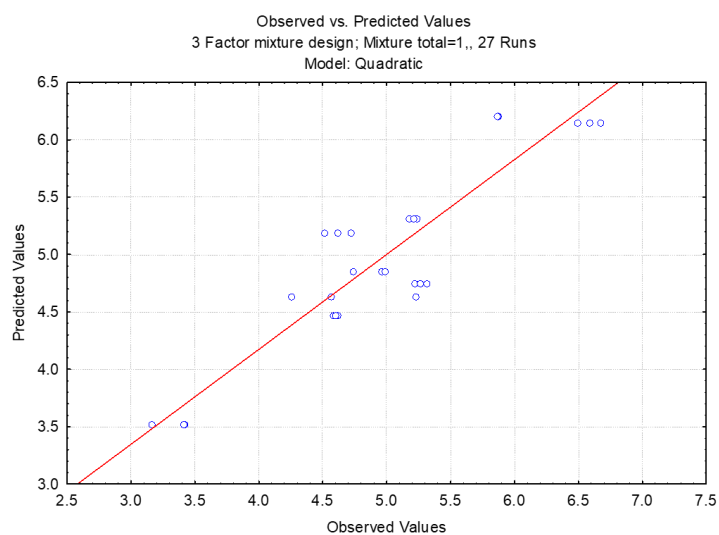


FIGURA 11 - Valores observados (círculos azuis) *versus* valores preditos (linha diagonal vermelha) para os parâmetros físico-químicos dos sorvetes funcionais

Cinzas



Proteína



Caseína

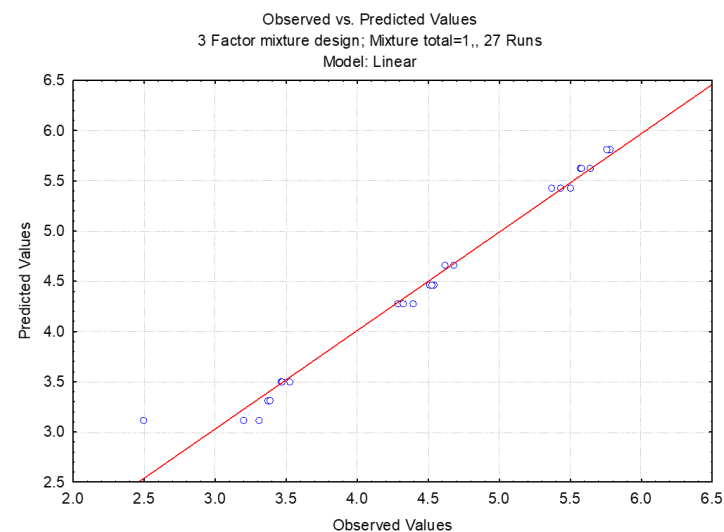
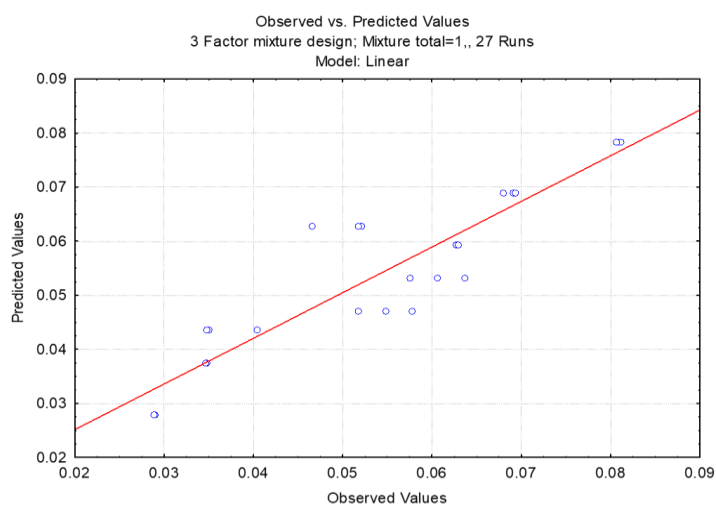
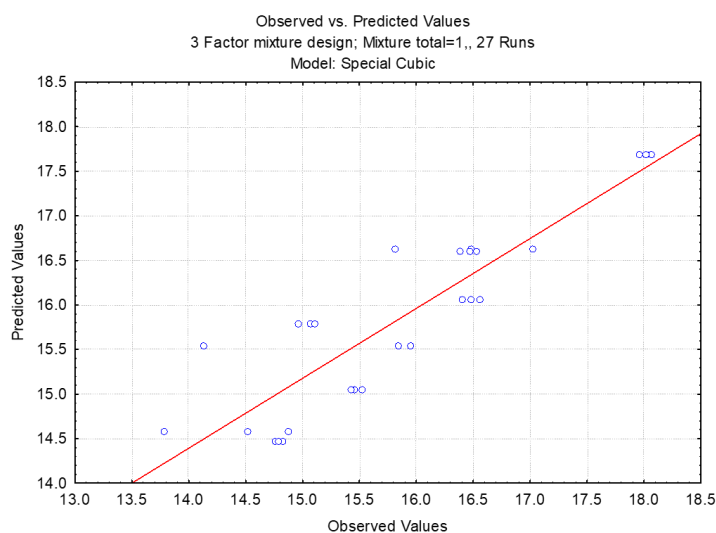


FIGURA 11.1 - (Cont.) Valores observados (círculos azuis) *versus* valores preditos (linha diagonal vermelha) para os parâmetros físico-químicos dos sorvetes funcionais

Nitrogênio Não Proteico



Lipídeos



Lactose

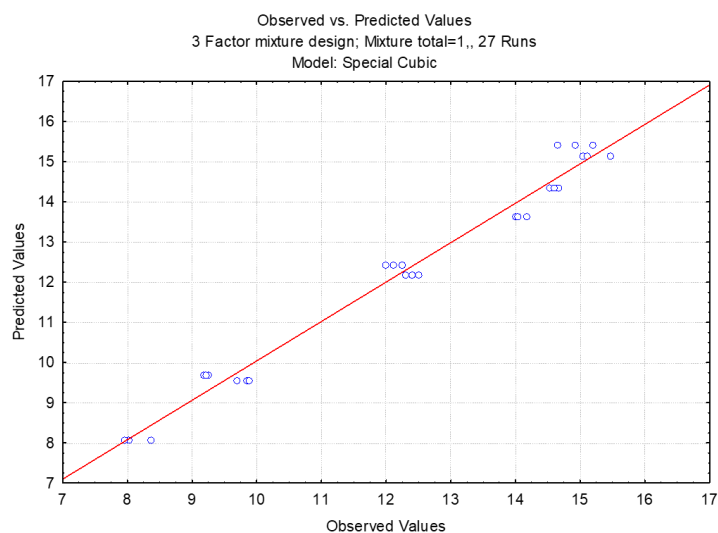


FIGURA 11.2 - (Cont.) Valores observados (círculos azuis) *versus* valores preditos (linha diagonal vermelha) para os parâmetros físico-químicos dos sorvetes funcionais

Apesar de estatisticamente o modelo observado para o parâmetro de lipídeos não ser significativo, o mesmo pode ainda ser utilizado para prever a tendência do teor de lipídeos de sorvetes, ao modificar alguma das variáveis independentes. Sendo que, para os demais parâmetros, além dos modelos preverem a tendência do comportamento físico-químico de novas amostras de sorvetes, eles são significativos estatisticamente.

3.4 Levantamento de perfil de ácidos graxos dos sorvetes funcionais

O resultado do levantamento de perfil de ácidos graxos dos sorvetes funcionais está apresentado na Tabela 19

TABELA 19 - Levantamento do perfil de ácidos graxos (g/100 g total de ácidos graxos) dos sorvetes funcionais

Ácido graxo	Nomenclatura usual	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	W20	BM20
C4:0	Ácido butírico	1.53	1.56	1.62	1.82	1.84	1.77	1.70	1.58	1.66	1.56	1.71
C6:0	Ácido caproico	1.62	1.62	1.68	1.78	1.84	1.77	1.73	1.62	1.61	1.56	1.78
C8:0	Ácido caprílico	1.10	1.09	1.19	1.20	1.25	1.20	1.16	1.11	1.10	1.07	1.20
C10:0	Ácido cáprico	2.61	2.60	2.70	2.85	2.91	2.84	2.83	2.78	2.63	2.70	2.97
C10:1	Ácido caproleico	0.25	0.25	0.25	0.24	0.29	0.24	0.26	0.27	0.29	0.25	0.32
C12:0	Ácido láurico	3.28	3.17	3.37	3.43	3.61	3.40	3.53	3.50	3.28	3.44	3.70
iC14	—	0.09	0.10	0.09	0.10	0.00	0.08	0.09	0.10	0.11	0.11	0.09
C14:0	Ácido mirístico	9.95	9.87	10.31	10.10	10.64	10.14	10.67	10.52	9.96	10.76	11.04
iC15:0	—	0.24	0.23	0.22	0.23	0.23	0.23	0.22	0.26	0.25	0.22	0.24
aiC15:0	—	0.49	0.47	0.43	0.47	0.47	0.46	0.50	0.46	0.48	0.53	0.48
C14:1	—	0.88	0.83	0.84	0.87	1.01	0.86	1.00	0.97	0.86	0.94	0.99
C15:0	Ácido pentadecílico	1.00	1.02	1.09	1.04	1.12	1.02	1.11	1.08	1.00	1.16	1.09
iC16:0	—	0.21	0.26	0.22	0.21	0.26	0.24	0.23	0.24	0.24	0.28	0.23
C16:0	Ácido palmítico	29.36	29.77	30.05	29.22	29.75	29.14	29.83	30.09	29.30	31.00	30.38
iC17:0	—	0.43	0.45	0.44	0.45	0.43	0.45	0.49	0.43	0.44	0.41	0.42
C16:1n9	Ácido palmitoléico	0.25	0.23	0.22	0.23	0.22	0.25	0.23	0.22	0.23	0.22	0.21
C16:1n7	—	1.97	1.87	1.91	1.93	1.94	1.96	2.02	2.00	1.90	1.81	1.87
C17:0	Ácido margárico	0.68	0.72	0.73	0.71	0.67	0.69	0.67	0.69	0.69	0.67	0.64
C17:1n8	—	0.23	0.23	0.21	0.21	0.21	0.24	0.23	0.28	0.26	0.18	0.20
C18:0	Ácido esteárico	12.54	12.96	12.80	12.36	11.07	12.48	10.99	11.41	12.82	11.70	11.18
C18:1, trans n-9	Ácido elaídico	0.16	0.29	0.25	0.33	0.40	0.30	0.35	0.34	0.33	0.31	0.25
C18:1, trans n-8	—	0.44	0.41	0.24	0.28	0.44	0.27	0.32	0.26	0.28	0.37	0.36
C18:1, trans n-7	Ácido vacênico	1.47	1.36	1.44	1.37	1.19	1.41	1.36	1.43	1.41	1.58	1.72
C18:1, cis-9	Ácido oleico	23.97	23.44	22.62	23.39	22.99	23.27	23.29	23.11	23.61	21.62	21.69
C18:1n7c	—	0.52	0.51	0.50	0.54	0.53	0.53	0.53	0.50	0.53	0.46	0.45
C18:2n6c	Ácido linoleico	2.63	2.59	2.48	2.57	2.53	2.58	2.58	2.54	2.61	2.85	2.66
C18:3n3c	Ácido α -linolênico	0.27	0.23	0.24	0.25	0.23	0.25	0.23	0.26	0.26	0.23	0.29
C18:2c9t11	Ácido linoleico conjugado (CLA)	0.57	0.48	0.53	0.53	0.55	0.54	0.52	0.57	0.55	0.54	0.57

F1: 79.99% leite/creme, 4.44% de soro e 4.44% de leite; **F2:** 71.10% leite/creme, 13.33% de soro e 4.44% de leite; **F3:** 71.10% leite/creme, 4.44% de soro e 13.33% de leite; **F4:** 62.21% leite/creme, 13.33% de soro e 13.33% de leite; **F5:** 75.54% leite/creme, 4.44% de soro e 8.89% de leite; **F6:** 66.65% leite/creme, 13.33% de soro e 8.89% de leite; **F7:** 75.54% leite/creme, 8.89% de soro e 4.44% de leite; **F8:** 66.65% leite/creme, 8.89% de soro e 13.33% de leite; **F9:** 71.10% leite/creme, 8.89% de soro e 8.89% de leite; **W20:** 71.10% leite/creme e 17.77% de soro; **BM20:** 71.10% leite/creme e 17.77% de leite.

O ácido palmítico (C16:0) foi o que apresentou maior concentração nos sorvetes funcionais, apresentando teor entre 29.22% e 31%, seguido pelo ácido oleico (C18:1,cis-9) com concentrações entre 21.62% a 23.97% e pelo ácido esteárico (C18:0) com teores entre 10.99% e 12.96%. Sendo que, os sorvetes controles (W20 e BM20) foram os que apresentaram, numericamente, valores menos próximos dos obtidos nas demais formulações para os ácidos graxos palmítico e oleico.

Os sorvetes apresentaram a mesma predominância dos ácidos graxos presentes na gordura do leite e no leite cru, sendo eles os ácidos palmítico, esteárico e oleico^{32,49}. Resultados similares foram encontrados por Sousa⁴⁵, para sorvetes simbióticos de graviola, apresentando predominância dos ácidos graxos palmítico (C16:0), correspondendo a cerca de 35% , seguido pelo ácido oleico (C18:1,cis-9), que apresentou concentrações entre 29.59 e 30.67% e pelo ácido graxo esteárico (C18:0) com teores entre 12.53 e 15%.

De modo geral, os sorvetes funcionais têm tendência a apresentar maior concentração de ácidos graxos saturados do que ácidos graxos monosaturados e poli-insaturados, em virtude de serem produtos de base láctea⁴⁵.

A presença dos ácidos graxos poliinsaturados, linoleico (C18:2n6c), α -linolênico (C18:3n3c) e CLA (C18:2c9t11), apesar de em pequenas concentrações, reforçam o valor funcional e nutricional dos sorvetes. Visto que, os ácidos graxos linoleico e α -linolênico são considerados essenciais por não serem sintetizados pelo organismo⁵⁰ e estabelecem papel fundamental na manutenção de condições normais relacionados ao sistema nervoso através do desenvolvimento do cérebro, transmissão de impulsos nervosos e funções cerebrais, e relacionados a processos de crescimento, reprodução e visão^{51,52}. Sendo que, sua carência pode levar a alterações negativas, de forma geral, no sistema nervoso, sistema imune e na epiderme⁵³. E o CLA, apresenta especialmente, como já citado no Capítulo 1, efeito antiaterogênico, relacionado à redução do colesterol total e do LDL⁵⁴ e antitumoral, possuindo efeito inibidor dos estágios da carcinogênese⁵⁵.

3.5. Caracterização microbiológica

A caracterização microbiológica dos sorvetes funcionais probióticos na primeira semana após a sua fabricação, estão apresentados na Tabela 20.

TABELA 20 - Caracterização microbiológica dos sorvetes funcionais (n=2)

Formulações	Análises microbiológicas		
	Pesquisa de <i>Salmonella</i> spp. (UFC/ mL em 25g)	Contagem de <i>Staphylococcus</i> coagulase positiva (UFC/ mL)	Contagem de Enterobacteriaceae (UFC/ mL)
F1	Ausência	<100	<10
F2	Ausência	<100	<10
F3	Ausência	<100	<10
F4	Ausência	<100	<10
F5	Ausência	<100	<10
F6	Ausência	<100	<10
F7	Ausência	<100	<10
F8	Ausência	<100	<10
F9	Ausência	<100	<10
W20	Ausência	<100	<10
BM20	Ausência	<100	<10
Referência¹	Ausência	<100	<10

¹Instrução Normativa nº 60, de 23 de dezembro de 2019.

F1: 79.99% leite/creme, 4.44% de soro e 4.44% de leiteinho; **F2:** 71.10% leite/creme, 13.33% de soro e 4.44% de leiteinho; **F3:** 71.10% leite/creme, 4.44% de soro e 13.33% de leiteinho; **F4:** 62.21% leite/creme, 13.33% de soro e 13.33% de leiteinho; **F5:** 75.54% leite/creme, 4.44% de soro e 8.89% de leiteinho; **F6:** 66.65% leite/creme, 13.33% de soro e 8.89% de leiteinho; **F7:** 75.54% leite/creme, 8.89% de soro e 4.44% de leiteinho; **F8:** 66.65% leite/creme, 8.89% de soro e 13.33% de leiteinho; **F9:** 71.10% leite/creme, 8.89% de soro e 8.89% de leiteinho; **W20:** 71.10% leite/creme e 17.77% de soro; **BM20:** 71.10% leite/creme e 17.77% de leiteinho

Todos os sorvetes funcionais apresentaram padrão microbiológico dentro do estabelecido pela legislação vigente para gelados comestíveis¹⁷, evidenciando que todas as medidas de garantia da segurança microbiológica tanto no processo de fabricação quanto no armazenamento foram eficazes, sendo consideradas seguras e aptas para o consumo.

4. CONCLUSÃO

Os sorvetes funcionais apresentaram características físico-químicas e microbiológicas esperadas e dentro dos padrões estabelecidos pela legislação. O delineamento de misturas simplex centroide e os modelos matemáticos de predição gerados para ajuste dos dados, demonstraram qualidade satisfatória, possibilitando que as superfícies de resposta e os gráficos valores observados *versus* valores preditos retratem a influência dos ingredientes utilizados sobre os parâmetros físico-químicos dos sorvetes.

Todos os sorvetes funcionais produzidos foram classificados como *premium* e *super premium*. Sendo que formulação com maior teor de soro (15%) e leiteiro (15%) apresentou alto teor de lipídeos, alta concentração de proteínas, menor velocidade de derretimento e maior aspecto de cremosidade, em virtude da utilização desses coprodutos.

Os sorvetes apresentaram maiores concentrações do ácido palmítico (C16:0), ácido oleico (C18:1,cis-9) e ácido esteárico (C18:0). Além de conterem os ácidos poliinsaturados linoleico (C18:2n6c), α -linolênico (C18:3n3c) e CLA (C18:2c9t11).

O uso do soro e do leiteiro fortalece a concepção de que sorvete é um alimento nutritivo, aprimorando a qualidade tecnológica de produção, mantendo ou melhorando as características físico-químicas e comportamento dos sorvetes, e propicia a redução do uso de aditivos alimentares. A produção dos sorvetes com maiores concentrações de soro e leiteiro e com reduzida concentração de aditivos alimentares é viável e inovadora, resultando em um produto com densidade nutricional, funcional e, inserido no conceito sustentável. Sendo alinhados com o propósito da Agenda 2030, com o conceito de saúde única e com o que os consumidores estão priorizando ao consumir um alimento.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. \$65.8 Billion Worldwide Ice Cream Industry to 2026 - Rising [Internet]. [cited 2021 Aug 18]. Available from: <https://www.globenewswire.com/en/news-release/2021/04/19/2212288/28124/en/65-8-Billion-Worldwide-Ice-Cream-Industry-to-2026-Rising-Health-Consciousness-and-Better-Knowledge-Have-Led-Consumers-Towards-Upmarket-Treats.html>
2. Blázquez A. Size of the global ice cream market 2013-2024 | Statista [Internet]. 2021 [cited 2021 Aug 18]. Available from: <https://www.statista.com/statistics/326315/global-ice-cream-market-size/>
3. Sorvete movimentou R\$ 13 bilhões em 2019 [Internet]. Jornal Cruzeiro do Sul. 2020 [cited 2021 Aug 18]. Available from: <https://www.jornalcruzeiro.com.br/sorocaba/sorvete-movimentou-r-13-bilhoes-em-2019/>
4. Yadav JSS, Yan S, Pilli S, Kumar L, Tyagi RD, Surampalli RY. Cheese whey: A potential resource to transform into bioprotein, functional/nutritional proteins and bioactive peptides. *Biotechnol Adv.* 2015 Nov 1;33(6):756–74.
5. De Wit JN. Nutritional and Functional Characteristics of Whey Proteins in Food Products. *J Dairy Sci.* 1998 Mar 1;81(3):597–608.
6. Markus CR, Olivier B, De Haan EHF. Whey protein rich in alpha-lactalbumin increases the ratio of plasma tryptophan to the sum of the other large neutral amino acids and improves cognitive performance in stress-vulnerable subjects. *Am J Clin Nutr* [Internet]. 2002 [cited 2021 Aug 18];75(6):1051–6. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12036812/>
7. Modler W. Pioneer paper: Value-added components derived from whey. 2009;
8. Schmelz E. Dietary sphingomyelin and other sphingolipids in health and disease. *Nutr Bull* [Internet]. 2000 Jun 1 [cited 2020 Dec 17];25(2):135–9. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1046/j.1467-3010.2000.00031.x>
9. Szuhaj B, Nieuwenhuyzen W. Nutrition and biochemistry of phospholipids. Illinois AOCS Press. 2003;
10. Cavaletto M, Giuffrida MG CA. Milk fat globule membrane components: a proteomic approach. *Adv Exp Med Biol.* 2008;606:129–41.
11. Rufino M do SM, Alves RE, de Brito ES, Pérez-Jiménez J, Saura-Calixto F, Mancini-Filho J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. *Food Chem.* 2010 Aug 15;121(4):996–1002.
12. AOAC. Official methods of analysis of AOAC International. 18th ed. Association of Official Analysis Chemists International Gaithersburg, MD, USA. Gaithersburg, MD, USA.; 2005.
13. Lane JH, Eynon L. Determination of Reducing Sugars by Fehling's Solution with Methylene Blue ... - J. Henry Lane, Lewis Eynon - Google Livros. N.Rodger; 1934. 8 p.
14. APHA. American Public Health Association. 2nd ed. Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. Washington; 2015.
15. ISO - ISO 6579:2002 - Microbiology of food and animal feeding stuffs — Horizontal method for the detection of *Salmonella* spp. [Internet]. 2002 [cited 2021

- Aug 13]. p. 27. Available from: <https://www.iso.org/standard/29315.html>
16. ISO - ISO 6888-1:1999/Amd 2:2018 - Microbiology of food and animal feeding stuffs — Horizontal method for the enumeration of coagulase-positive staphylococci (*Staphylococcus aureus* and other species) — Part 1: Technique using Baird-Parker agar medium — Amendment 2: Inclusion of an alternative confirmation test using RPFA stab method [Internet]. 2018 [cited 2021 Aug 13]. p. 5. Available from: <https://www.iso.org/standard/64947.html>
 17. Brasil. Ministério da Saúde/Agência Nacional de Vigilância Sanitária/Diretoria Colegiada. Instrução Normativa nº 60 de 23 de dezembro de 2019. Diário Oficial da União. Edição 249. Seção .p.133 [Internet]. Available from: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-60-de-23-de-dezembro-de-2019-235332356>
 18. Goff H., Hartel R. Ice Cream. 7th ed. New York: Springer; 2013. 477 p.
 19. Khuri AI, Cornell JA. Response surfaces designs and analyses. 2nd ed. CRC Press; 2018. 536 p.
 20. Statistica 7.0. Oklahoma,Tulsa: STATSOFT.Oklahoma,Tulsa; 2008.
 21. Brasil. Resolução-RDC nº267, de 25 de setembro de 2003. Dispõe sobre o Regulamento Técnico de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Industrializadores de Gelados Comestíveis e a Lista de Verificação das Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Industrializadores de Gelados Comestíveis. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária 2003.
 22. Goff H. The Structure and Properties of Ice Cream and Frozen Desserts. *Encycl Food Chem.* 2019 Jan 1;47–54.
 23. Koxholt MMR, Eisenmann B, Hinrichs J. Effect of the Fat Globule Sizes on the Meltdown of Ice Cream. *J Dairy Sci.* 2001 Jan 1;84(1):31–7.
 24. R Development Core Team. Vienna, Austria: R DEVELOPMENT CORE TEAM R: a language and environment for statistical computing, reference index version 2.11.1.The R Foundation for Statistical Computing.; 2010.
 25. Pathare PB, Opara UL, Al-Said FA-J. Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. *Food Bioprocess Technol* 2012 61 [Internet]. 2012 May 11 [cited 2021 Aug 12];6(1):36–60. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11947-012-0867-9>
 26. Minolta K. Precise Color Communication Color Control from perception to instrumentation. 2007.
 27. Bligh E, Dyer W. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can J Biochem Physiol* [Internet]. 1959 [cited 2021 Aug 22];37(8):911–7. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/13671378/>
 28. Hartman L, Lago R. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids - PubMed. *Lab Pr* [Internet]. 1973 Jul [cited 2021 Dec 2];22(6):475–6. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/4727126/>
 29. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/Gabinete do Ministro. Instrução Normativa nº76 de 26 denovembro de 2018. Diário Oficial da União. Edição 230. Seção 1. p.9. [Internet]. Available from: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/52750137/do1-2018-11-30-

instrucao-normativa-n-76-de-26-de-novembro-de-2018-52749894IN 76

30. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 80, de 13 de agosto de 2020. Edição 157. Seção 1.p.2 [Internet]. Brasil; Available from: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/instrucao-normativa-n-80-de-13-de-agosto-de-2020-272509723>
31. Brasil. Portaria MAPA - 146, de 07/03/1996 | Defesa Agropecuária do Estado de São Paulo. Aprovar os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade dos Produtos Lácteos . [Internet]. 1996. Available from: <https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/legislacoes/portaria-mapa-146-de-07-03-1996,669.html>
32. Fox PF, Uniacke-Lowe T, McSweeney PLH, O'Mahony JA. Dairy chemistry and biochemistry, second edition. Dairy Chemistry and Biochemistry, Second Edition. Springer International Publishing; 2015. 1–584 p.
33. Faresin L da S. Desenvolvimento de sorvete funcional com redução de açúcar e gordura. 2019 Mar 26 [cited 2021 Aug 12]; Available from: <http://tede.upf.br/jspui/handle/tede/1815>
34. Meneses RB, Silva MS, Monteiro MLG, Rocha-Leão MHM, Conte-Junior CA. Effect of dairy by-products as milk replacers on quality attributes of ice cream. J Dairy Sci. 2020 Nov 1;103(11):10022–35.
35. Ramos AF. Avaliação de aspectos físico-químicos, sensoriais e reológicos de sorvete gourmet elaborado com teor reduzido de lactose. [Juiz de Fora]: Universidade Federal de Juiz de Fora; 2016.
36. Goff HD. Ice Cream and Frozen Desserts: Manufacture. In: Reference Module in Food Science [Internet]. Elsevier; 2016 [cited 2018 Jun 19].
37. Walstra P, Wouters JTM, Geurts TJ. Dairy Science and Technology 2nd Editon. CRC Press. 2005;891.
38. Goff H. The Structure and Properties of Ice Cream and Frozen Desserts. Encycl Food Chem [Internet]. 2019 Jan 1 [cited 2019 Jul 22];47–54. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780081005965217034>
39. Le T, Van Camp J, Pascual P, Meesen G, Thienpont N, Messens K, et al. Physical properties and microstructure of yoghurt enriched with milk fat globule membrane material. Int Dairy J. 2011;(21):798–805.
40. Saffon M, Richard V, Jiménez-Flores R, Gauthier S, Britten M, Pouliot Y. Behavior of heat-denatured whey: buttermilk protein aggregates during the yogurt-making process and their influence on set-type yogurt properties. Foods. 2013;2:444–459.
41. Romeih A, Abdel-Hamid M, Awad AA. The addition of buttermilk powder and transglutaminase improves textural and organoleptic properties of fat-free buffalo yogurt. J Dairy Sci Technol. 2014;94:297–309.
42. FitzGerald RJ, Murray BA, Walsh DJ. Hypotensive Peptides from Milk Proteins. In: Journal of Nutrition [Internet]. American Institute of Nutrition; 2004 [cited 2020 Dec 3]. p. 980S-988S. Available from: <http://www.ul.ie/acepeptides>
43. Goff HD. Formation and stabilisation of structure in ice-cream and related products. Curr Opin Colloid Interface Sci [Internet]. 2002 Nov 1 [cited 2019 Jul 22];7(5–6):432–7. Available from:

- <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359029402000766>
44. Costa MGM. Desenvolvimento de sorvete simbiótico de açaí (*Euterpe oleracea*) com *Lactobacillus rhamnosus* GG e resistência do probiótico em um modelo de digestão gastrointestinal in vitro. 2014 Nov 13 [cited 2021 Aug 13]; Available from: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/9/9133/tde-25112014-144755/>
 45. Sousa GL. Desenvolvimento de sorvete simbiótico de graviola (*Annona muricata* L.) com teor reduzido de gordura e avaliação da resistência gastrointestinal dos probióticos in vitro. 2014 Dec 18 [cited 2021 Aug 17]; Available from: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/9/9133/tde-19032014-114952/>
 46. Sofjan RP, Hartel RW. Effects of overrun on structural and physical characteristics of ice cream. *Int Dairy J*. 2004 Mar 1;14(3):255–62.
 47. Ramos I, Silva M, Antunes V, Praxedes C, Oliveira M. Development of ice cream with added buttermilk. *Brazilian J Food Technol* [Internet]. 2021 Jul 23 [cited 2021 Aug 18];24.
 48. Barrett DM, Beaulieu JC, Shewfelt R. Color, Flavor, Texture, and Nutritional Quality of Fresh-Cut Fruits and Vegetables: Desirable Levels, Instrumental and Sensory Measurement, and the Effects of Processing. <https://doi.org/101080/10408391003626322> [Internet]. 2010 May [cited 2021 Aug 12];50(5):369–89.
 49. Yu E, Hu FB. Dairy Products, Dairy Fatty Acids, and the Prevention of Cardiometabolic Disease: a Review of Recent Evidence. Vol. 20, *Current Atherosclerosis Reports*. Current Medicine Group LLC 1; 2018. p. 24.
 50. Janssen CIF, Kiliaan AJ. Long-chain polyunsaturated fatty acids (LCPUFA) from genesis to senescence: the influence of LCPUFA on neural development, aging, and neurodegeneration. *Prog Lipid Res* [Internet]. 2014 [cited 2021 Dec 1];53(1):1–17. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24334113/>
 51. Iribarren C, Markovitz JH, Jacobs DR, Schreiner PJ, Daviglius M, Hibbeln JR. Dietary intake of n-3, n-6 fatty acids and fish: relationship with hostility in young adults--the CARDIA study. *Eur J Clin Nutr* [Internet]. 2004 Jan [cited 2021 Dec 1];58(1):24–31. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14679363/>
 52. Bazotte RB, Vilela VR. Balnaço Dietético de ácidos graxos poliinsaturados ômega 6 e ômega 3. *SaBios-Revista Saúde e Biol* [Internet]. 2013 Dec 9 [cited 2021 Dec 1];8(3):109–16. Available from: <https://revista2.grupointegrado.br/revista/index.php/sabios/article/view/1559>
 53. Innis S. Polyunsaturated fatty acids in human milk: an essential role in infant development. *Adv Exp Med Biol* [Internet]. 2004 [cited 2021 Sep 8];554:27–43. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15384565/>
 54. Fuke G, Nornberg J. Systematic evaluation on the effectiveness of conjugated linoleic acid in human health. *Crit Rev Food Sci Nutr* [Internet]. 2017 Jan 2 [cited 2021 Aug 24];57(1):1–7. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27636835/>
 55. Bergamo P, Fedele E, Iannibelli L, Marzillo G. Fat-soluble vitamin contents and fatty acid composition in organic and conventional Italian dairy products. *Food Chem*. 2003 Sep 1;82(4):625–31.
 56. LAB Color Space and Values | X-Rite Color Blog [Internet]. [cited 2021 Aug 10]. Available from: <https://www.xrite.com/blog/lab-color-space>

CAPÍTULO 3 – DESENVOLVIMENTO DE SORVETE FUNCIONAL PROBIÓTICO

RESUMO

O mercado de alimentos saudáveis cresce consideravelmente desde 2009 no Brasil, visto que os consumidores têm priorizado alimentos nutricionalmente ricos, naturais e sem conservantes. Nesse sentido, inovações em diversas áreas alimentícias ocorrem para que o valor agregado ao produto aumente e atenda às exigências do público consumidor. Sorvetes são alimentos gelados comestíveis que devido às suas características de composição, constituem um ótimo veículo para culturas probióticas. Dessa forma, objetivou-se desenvolver e caracterizar diferentes formulações de sorvete utilizando cultura probiótica de *Lactobacillus acidophilus*, soro, leite e relação de leite/creme de 1:1 além de polpa de cagaita (*Eugenia dysenterica*) em parte das formulações. Foram produzidas seis amostras de sorvetes funcionais probióticos, contendo 0.5% de *Lactobacillus acidophilus*, sendo três amostras com adição de polpa de cagaita e três amostras sem adição de polpa. Foram realizadas análises físico-químicas (pH, acidez, teor de umidade, teor de cinzas, proteína total, lipídeos, lactose, colorimetria, *overrun* e teste de velocidade de derretimento), microbiológicas (pesquisa de *Salmonella* spp., contagem de *Staphylococcus* coagulase positiva, contagem de Enterobacteriaceae e contagem de *Lactobacillus acidophilus*) e análise sensorial descritiva quantitativa com provadores treinados. Todas as formulações apresentaram resultados dentro dos padrões estabelecidos pela legislação vigente. Os sorvetes funcionais probióticos foram categorizados em sorvetes padrão a *premium* em relação ao teor de gordura. As formulações com polpa de cagaita em sua composição, apresentaram maiores valores de acidez, umidade e menor velocidade de derretimento. Formulações com maior concentração de leite, apresentaram maiores teores de proteína total e formulações com maior concentração de soro, apresentaram maiores teores de lactose. Sorvetes com adição de polpa apresentaram maior intensidade da cor amarela e aroma cítrico. O sorvete com maior concentração de soro e com polpa de cagaita apresentou maior intensidade em relação à textura arenosa, conforme análise realizada pela equipe treinada. Todos os sorvetes foram categorizados como alimentos probióticos e apresentaram contagem de 8 Log₁₀ UFC/g durante 55 dias após sua fabricação, sendo ótimos veículos para fornecer cultura probiótica e todos os seus benefícios ao ser consumido.

Palavras-chave: frutífera nativa do Cerrado, inovação, saúde, sustentabilidade, *superfood*.

ABSTRACT

The health food market has grown considerably since 2009 in Brazil, as consumers have prioritized nutritionally rich, natural and preservative-free foods. Hence, innovations in various food areas occur so that the value added to the product increases and meets the demands of the consumer public. Ice cream are frozen foods that, due to their compositional characteristics, are an excellent vehicle for probiotic cultures. Thus, the objective was to develop and characterize different ice cream formulations using a probiotic culture of *Lactobacillus acidophilus*, whey, buttermilk and milk/cream ratio of 1:1 in addition to cagaita pulp (*Eugenia dysenterica*). Six functional probiotic ice creams were produced, containing 0.5% of *Lactobacillus acidophilus*, three of which were added with cagaita pulp and three without the addition of pulp. Physical-chemical analyzes (pH, acidity, moisture content, ash content, total protein, lipids, lactose, colorimetry, overrun and meltdown test), microbiological (research for *Salmonella* spp., *Staphylococcus* coagulase positive count) were performed, Enterobacteriaceae count and *Lactobacillus acidophilus* count) and quantitative descriptive sensory analysis with trained tasters. All formulations result within the standards defined by current legislation. The available probiotic ice creams were categorized into standard to a premium ice cream on fat content. The formulations with cagaita pulp in its composition, presented higher values of acidity, moisture and lower melting speed. Formulations with higher concentration of buttermilk, presented higher total protein contents and formulations with higher concentration of whey presented higher lactose contents. Ice cream with the addition of cagaita pulp, had greater intensity of yellow color and citrus aroma. The ice cream with the highest concentration of whey and with cagaita pulp, represented greater intensity in relation to the sandy texture, according to the analysis carried out by the trained team. All ice creams are categorized into probiotic foods and presented 8 Log10 CFU/g for 55 days after their production, being great vehicles to provide probiotic culture and all its benefits when consumed.

Keywords: Cerrado native fruit, innovation, health, sustainability, *superfood*.

1.INTRODUÇÃO

O mercado de alimentos saudáveis é impulsionado pela motivação dos consumidores em se preocuparem com suas condições relacionadas à saúde no futuro e pela mudança dos seus hábitos alimentares¹. A busca por alimentos denominados “superfoods” caracterizados por serem ricos em nutrientes essenciais, cresce a cada ano e tem potencial de movimentar U\$ 811.82 bilhões, no mundo, em 2021¹. Em meio à pandemia ocasionada pela COVID-19, o consumo de alimentos saudáveis atingiu R\$ 100 bilhões no Brasil, tendo um avanço de 3.5% nessa categoria de alimentos em relação a 2019², provocando um aumento no lançamento de produtos relacionados à sustentabilidade, naturalidade e funcionalidade.

Nesse sentido, atualmente, o mercado de sorvetes busca agregar valor ao produto e explorar o que essa matriz pode oferecer, no sentido de ser um bom veículo para culturas probióticas e ser altamente estável, para impulsionar as vendas e atingir os nichos de saudabilidade alinhados com o consumo de um alimento saboroso.

Além de utilizar soro lácteo e leiteiro na composição de sorvetes para conferir propriedades funcionais, fisiológicas e nutracêuticas a este alimento, o uso de culturas probióticas como a cepa de *Lactobacillus acidophilus* permite que esse alimento tenha potencial para uma maior ação sobre o sistema imune de forma direta ou indireta. Alinhado a esses ingredientes, o uso de saborizantes naturais, especialmente frutos nativos do Cerrado como a cagaita (*Eugenia dysenterica*) que apresentam boa aceitabilidade, além de grande capacidade antioxidante, faz que com o produto seja classificado como “superfoods”.

A cultura probiótica de *Lactobacillus acidophilus* apresenta propriedades sobre o sistema imune de forma indireta e direta. Sua função no organismo está relacionada a manter a saúde e proteção do intestino contra patógenos, modular inflamações patológicas e auxiliar também na nutrição. Promove o aumento do linfócito CD4+, que atua secretando citocinas contra células infecciosas e neoplásicas; e de imunoglobulinas como IgA, que atua protegendo o organismo contra micro-organismos como vírus e bactérias³. Promove redução dos fatores pró-inflamatórios como o TNF- α e IL-6³ e redução da pressão arterial dependendo da quantidade ingerida pelo indivíduo⁴. O *L. acidophilus* está relacionado com propriedades que melhoram a imunidade e saúde do indivíduo e aumentam a resistência a doenças ao serem consumidos diariamente.

A cagaita (*Eugenia dysenterica*) é considerada um fruto nativo do Cerrado, sendo amplamente explorada na agricultura familiar. Trata-se de um fruto de cor esverdeada-amarela, com alto rendimento de polpa para utilização na indústria de alimentos⁵, alta umidade, com boa aceitabilidade em sucos⁶, vinhos⁷, bebidas lácteas fermentadas⁸ e destaca-se pela alta capacidade antioxidante (>70% de inibição) e pela quantidade relevante de compostos fenólicos e ácido ascórbico⁶.

Assim, o uso da cultura probiótica de *Lactobacillus acidophilus*, e da polpa de cagaita nos sorvetes já considerados funcionais e nutritivos, permite que esse alimento se torne um produto referência ao alinhar aspectos relevantes de tecnologia no processo de fabricação, com redução de aditivos alimentares, valorização de um fruto nativo do Cerrado brasileiro, fortalecimento da agricultura familiar com a disponibilização de um alimento que favorece o sistema imune ao ser consumido.

Portanto, o desenvolvimento de sorvetes funcionais probióticos com características de funcionalidade, sustentabilidade e naturalidade tem relevância e importância para o atual momento do mercado de alimentos. Assim, objetivou-se com este estudo, aprimorar a produção de sorvetes sustentáveis e funcionais com altas concentrações de soro e leiteiro na sua composição incrementados com a cepa de *Lactobacillus acidophilus* e um fruto típico do Cerrado destacado por sua ação antioxidante, como a cagaita (*Eugenia dysenterica*).

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram elaboradas seis formulações de sorvetes funcionais probióticos com diferentes concentrações de leite pasteurizado/creme de leite pasteurizado, soro lácteo em pó e leite em pó. Sendo destes, três formulações com adição de polpa de cagaita.

A pesquisa e as análises foram desenvolvidas no Centro de Pesquisa em Alimentos da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás (CPA/EVZ/UFG).

Os materiais utilizados, bem como, o processamento e as metodologias de análises para avaliação dos sorvetes funcionais probióticos estão descritos a seguir.

2.1. Ingredientes

Para a fabricação dos sorvetes funcionais probióticos foi utilizado leite pasteurizado com teor de gordura padronizado em 3%, creme de leite pasteurizado com teor de gordura padronizado em 35%, açúcar cristal e emulsificante Marvi – Marvi gel plus adquiridos em comércio varejista de Goiânia-GO.

O soro lácteo em pó e o leite em pó utilizados nas formulações foram cedidos, respectivamente, pelo Laticínio Lactosul Indústria de Laticínios (Piranhas/Goiás) e pela Fonterra Brasil (São Paulo/São Paulo).

A cultura probiótica liofilizada da cepa de *Lactobacillus acidophilus* – La 3 foi cedida gentilmente pela empresa Sacco (Campinas/São Paulo).

A polpa de cagaita (*Eugenia dysenterica*) foi adquirida através da Cooperativa Central do Cerrado (Sobradinho/Distrito Federal) e o transporte foi realizado em caixas isotérmicas com gelos reutilizáveis. As polpas foram armazenadas em freezer com temperaturas abaixo de -18°C até o momento de sua utilização. Anteriormente ao uso na fabricação dos sorvetes, as polpas foram submetidas ao processo de pasteurização, em banho-maria a 90°C/5 min⁹.

2.2. Testes preliminares

Estudos preliminares foram realizados com o intuito de estabelecer as concentrações adequadas da polpa de cagaita para ser adicionada às formulações.

Avaliando, especialmente, as características sensoriais dos sorvetes, explorando o maior uso de coprodutos lácteos e de suas funcionalidades tecnológicas e nutritivas, redução de aditivos alimentares na fabricação de sorvetes, defesa do uso da gordura láctea, redução do custo de produção e valorização de um fruto exótico do Cerrado, como a cagaita.

Inicialmente, as concentrações da polpa de cagaita nos sorvetes foram determinadas baseadas em pesquisa prévia realizada por Pfrimer⁸ com o fruto em bebidas lácteas fermentadas acrescidas de leite. Assim, as concentrações iniciais para determinação do teor de polpa de cagaita nos sorvetes probióticos foram de 10% e 20%. No intuito de reduzir o teor de açúcar, padronizado em 10%, testes foram realizados juntamente com a adição de polpa para verificar a possibilidade de reduzir a concentração de açúcar para 5%. Foram produzidas quatro formulações-teste (TC1, TC2, TC3 e TC4), sendo que a base láctea seguiu a proporção da formulação com maior concentração de soro e leite do Capítulo 2 (F4 – 15% soro, 15% leite e 70% leite/creme) determinada pelo delineamento simplex-centroide. As composições das formulações-teste são apresentadas na Tabela 1.

TABELA 1 - Concentração dos ingredientes utilizados para a fabricação das formulações-teste de sorvetes funcionais probióticos saborizados com polpa de cagaita

Formulações	Ingredientes (%)				
	Soro	Leitelho	Leite/Creme	Polpa de cagaita	Açúcar
TC1	12.60	12.60	58.80	10	5
TC2	11.85	11.85	55.30	10	10
TC3	11.10	11.10	51.80	20	5
TC4	10.35	10.35	48.30	20	10

A proporção da base láctea dos sorvetes (soro, leite e leite/creme) foi mantida em todas as formulações, sendo 15% de soro, 15% de leite e 70% de leite/creme do valor obtido da subtração dos ingredientes que seriam fixos (polpa de cagaita, açúcar e 1% de emulsificante) de 100%.

A relação leite/creme, foi mantida na proporção 1:1 conforme estabelecido no Capítulo 2 para manter a cremosidade dos sorvetes e aumentar o teor lipídeos para que atendessem, além da legislação brasileira, a legislação de outros países como Estados Unidos, Canadá, Austrália e Nova Zelândia¹⁰.

Os sorvetes foram fabricados seguindo o processo de fabricação elucidado no item 2.3. deste trabalho.

A degustação sensorial das formulações (Figura 1) foi realizada pelo grupo de pesquisa. Foi possível observar que o sorvete TC1, ficou muito suave em relação ao sabor e sua cremosidade, apesar da maior concentração de leite/creme, entretanto não ficou satisfatória. Na formulação TC2, foi possível identificar o gosto da polpa de uma fruta, porém não era característico da polpa de cagaita. Já a formulação TC3, apresentou um gosto residual amargo e a formulação TC4 ficou mais saborosa e expressiva em relação à polpa de cagaita.

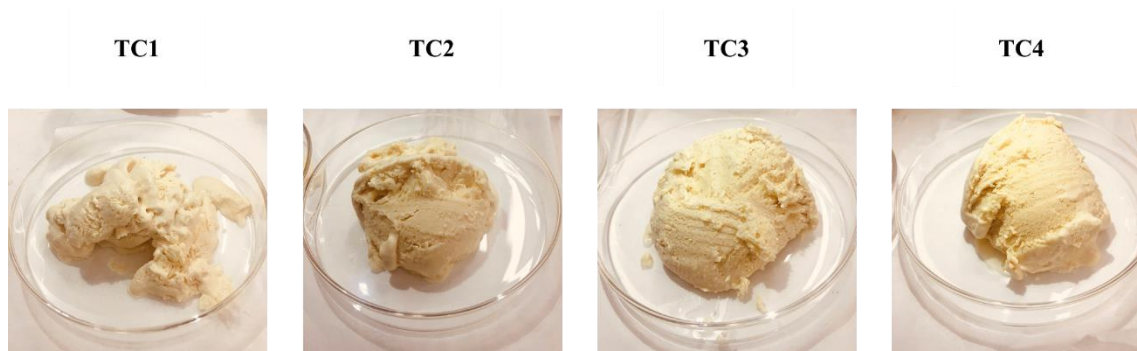


FIGURA 1 - Formulações-teste para determinação da concentração de polpa de cagaita e açúcar nos sorvetes funcionais probióticos

TC1: 12.60% de soro, 12.60% de leiteiro, 58.80% de leite/creme, 10% de polpa de cagaita e 5% de açúcar;

TC2: 11.85% de soro, 11.85% de leiteiro, 55.30% de leite/creme, 10% de polpa de cagaita e 10% de açúcar;

TC3: 11.10% de soro, 10% de leiteiro, 51.80% de leite/creme, 20% de polpa de cagaita e 5% de açúcar;

TC4: 10.35% de soro, 10.35% de leiteiro, 48.30% de leite/creme, 20% de polpa de cagaita e 10% de açúcar.

Assim, determinou-se o valor fixo de 20% de adição de polpa de cagaita e 10% de açúcar em três formulações. As outras três formulações foram fabricadas sem polpa de cagaita, mantendo a relação dos demais ingredientes e o teor fixo de açúcar (10%) e emulsificante (1%), com o intuito de comparar se a polpa de cagaita influenciaria de alguma forma a viabilidade da cultura probiótica.

Não foram testadas formulações com concentração superior a 20% de polpa de cagaita, visto que concentrações superiores aumentariam consideravelmente o custo de produção do produto, considerando a média de R\$23,00/kg de polpa de cagaita, o que resultaria em uma contradição com a proposta do trabalho.

As formulações estipuladas como controle foram denominadas W26.70, que apresentava a base láctea com 30% de soro e 70% de leite/creme, BM26.70 que apresentava a base láctea com 30% de leiteiro e 70% de leite/creme, WC20.70 com base láctea de 30% de soro e 70% de leite/creme e adição de 20% de polpa de cagaita e

BMC20.70 com base láctea na proporção de 30% de leiteiro e 70% de leite/creme e adição de 20% de polpa de cagaita. A concentração de 30% de coprodutos foi estipulada, em virtude da concentração da formulação intermediária apresentar na totalidade o uso de 30% de coprodutos, sendo 15% de soro e 15% de leiteiro.

2.3. Produção dos sorvetes funcionais probióticos

Para a fabricação dos sorvetes seguiu-se o disposto no Regulamento Técnico de Boas Práticas de Fabricação – RDC nº 267/2003¹¹. Antes do processamento, todos os utensílios, vidrarias e materiais resistentes foram esterilizados a 121 °C por 20 minutos, e todos os cuidados de boas práticas de fabricação foram tomados a fim de garantir a segurança microbiológica em todo o processamento.

As embalagens para armazenamento dos sorvetes bem como os demais utensílios de polipropileno foram sanitizados com solução de hipoclorito de sódio a 200 ppm por 15 minutos e secadas expostas a luz ultravioleta em fluxo laminar.

Os ingredientes foram pesados em balança semi-analítica e separados conforme a formulação. A cultura probiótica liofilizada de *Lactobacillus acidophilus* era pesada em frascos estéreis, correspondendo a 0.5% do volume total da calda de cada formulação. Antes do uso, para cada formulação, a cultura era re-hidratada utilizando 30 mL de leite em pó desnatado reconstituído em água estéril (11 %).

Em condições de esterilidade, misturou-se os ingredientes (formando a calda) em béqueres utilizando bastões de vidro. Em seguida, a calda era transferida para frascos de vidro de um litro, e submetida à pasteurização em banho-maria a 72-75 °C por 30 minutos. A medição da temperatura da calda era realizada no início e final do processo a fim de averiguar se a mesma se manteve estável durante a pasteurização. Em seguida, os frascos de vidro com as caldas foram resfriados em banho de gelo, e armazenados, por 24 horas em temperatura de 4 - 6 °C para que ocorresse a maturação. Posteriormente, em liquidificador (Philips Walita, modelo RI7630), era adicionado à calda o emulsificante e a polpa de cagaita, para as amostras com adição dessa fruta, e então ocorria a homogeneização da mistura por 15 minutos. Logo após, a cultura probiótica re-hidratada de *Lactobacillus acidophilus* era adicionada à mistura e posteriormente ocorria o processo de batimento destas caldas em sorveteira automática (Citton, Caxias do Sul/RS) por cerca de 80 minutos, para realizar a etapa de congelamento e incorporação de ar. Para o envase dos sorvetes, foram utilizadas embalagens de polipropileno de 150 mL sanitizadas, e por

fim, as amostras foram armazenadas em freezer com temperatura de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, completando a etapa de endurecimento. O fluxograma de fabricação está apresentado na Figura 2.

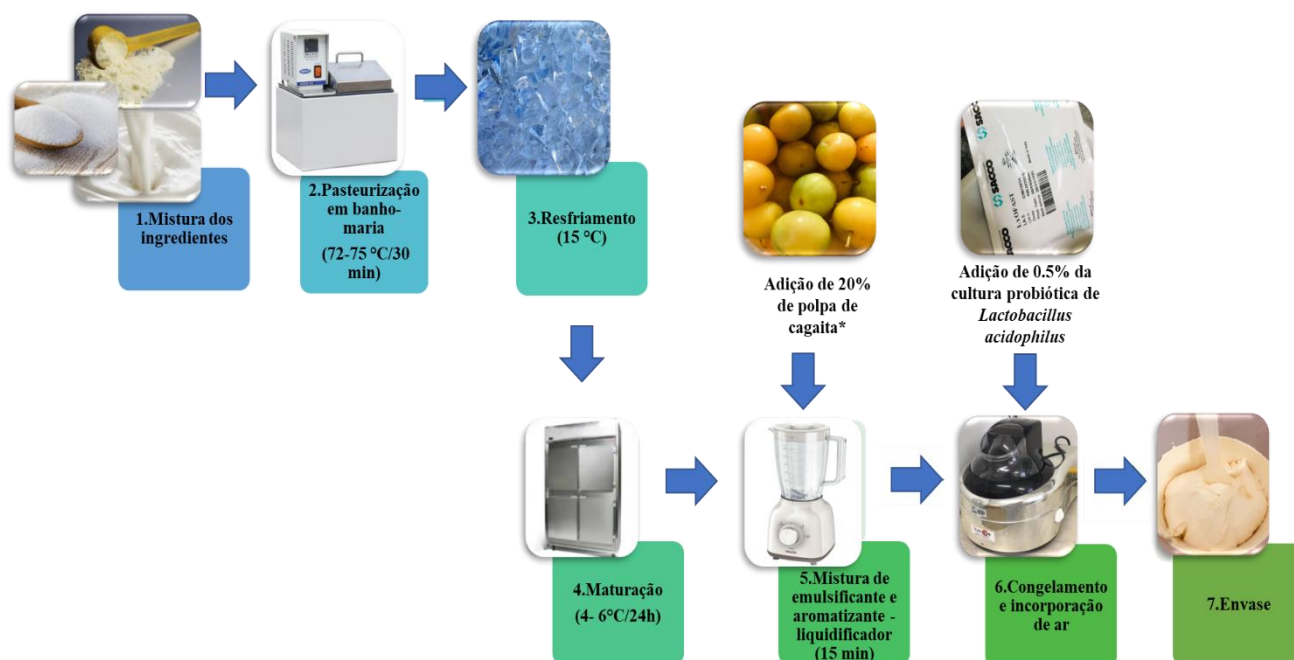


FIGURA 2 - Fluxograma de fabricação dos sorvetes funcionais probióticos com e sem adição de polpa de cagaita

2.4. Análises físico-químicas

A caracterização físico-química da matéria-prima foi determinada utilizando leite líquido/ mL, creme de leite, soro em pó e leite em pó em gramas e a dos sorvetes funcionais probióticos foram determinadas em gramas, após o seu derretimento. Sendo realizadas da seguinte forma:

- Leite, creme, soro em pó, leite em pó: pH, acidez titulável, teores de umidade, cinzas, proteína total, lipídeos e lactose.
- Polpa de cagaita: pH, acidez titulável, teores de umidade, cinzas, proteína total, e lipídeos.
- Sorvetes funcionais probióticos: pH, acidez titulável, teores de umidade, cinzas, proteína total, lipídeos, lactose, *overrun*, colorimetria e teste de velocidade de derretimento.

2.4.1. pH

O potencial hidrogeniônico foi determinado por leitura através de imersão do potenciômetro Tecnal TEC-5 (Piracicaba, SP), seguindo a metodologia nº 981.12 da AOAC¹².

2.4.2. Acidez Titulável

A acidez titulável foi determinada utilizando hidróxido de sódio 0,1N e fenolftaleína a 1%, até o aparecimento da coloração rósea persistente por 30 segundos, seguindo a metodologia nº 947.05 da AOAC¹². Para a polpa de cagaita, a acidez titulável foi determinada utilizando método descrito pela AOAC nº 942.15 B¹², pesou-se uma amostra de 5 g e esta foi diluída e homogeneizada em 100 mL de água destilada isenta de gás carbônico. Titulou-se com solução padronizada de hidróxido de sódio 0,1 N, sob agitação, até atingir uma faixa de pH entre 8,20 – 8,40. O teor de acidez foi calculado de acordo com a fórmula:

$$\text{*Acidez (g de ácido cítrico/100g)} = \frac{V \times f \times 100}{m \times 10} \quad (\text{Equação 1})$$

$$\text{Acidez (g de ácido láctico/100g)} = \frac{V \times f \times 0,1 \times 0,09 \times 100}{m} \quad (\text{Equação 2})$$

Em que:

V = volume de solução de hidróxido de sódio 0,1 N gasto na titulação, em mL;

f = fator de correção da solução de hidróxido de sódio 0,1 N;

0,1 = molaridade de solução de hidróxido de sódio;

0,09 = fator de conversão do ácido láctico;

m = massa da amostra;

10 = fator de conversão em ácido cítrico;

*fórmula para cálculo da acidez da polpa da cagaita

2.4.3. Umidade

O teor de umidade foi determinado utilizando estufa de secagem Fanem Orion 515 (Guarulhos, SP). Cerca de 5 g da amostra foi pesado em cadinhos com pérolas de vidro, previamente secos e tarados. A secagem foi realizada a 102 ± 2 °C. As pesagens foram realizadas em balança analítica (AX200, Barueri, SP), até que a amostra atingisse peso constante (n° 926.12 AOAC)¹² sendo então calculado o teor de umidade de acordo com a fórmula:

$$\text{Umidade (\%)} = \left[\frac{(m1+m2)-m3}{m2} \right] \times 100 \quad (\text{Equação 3})$$

Em que:

m1= massa do cadinho, previamente seco, em gramas;

m2= massa da amostra, em gramas;

m3= massa do conjunto (cadinho e amostra) em gramas, após peso constante.

2.4.4. Cinzas

Após a determinação do teor de umidade, as amostras foram incineradas em forno tipo mufla EDG modelo EDG3P-S (São Carlos, SP) a 550 °C por 6 horas. Após o resfriamento da mufla, as amostras foram acondicionadas em dessecador e pesadas em balança analítica (AX200, Barueri, SP) AOAC¹² n° 945.46108. O teor de cinzas foi calculado de acordo com a fórmula:

$$\text{Cinzas (\%)} = \left[\frac{(m3-m1)}{m2} \right] \times 100 \quad (\text{Equação 4})$$

Em que:

m1= massa do cadinho, em gramas;

m2= massa da amostra, em gramas;

m3= massa do conjunto (cadinho e amostra) incinerado, em gramas.

2.4.5. Proteína Total

O teor de proteína da matéria-prima e dos sorvetes foi determinado pelo método de *Kjeldahl*, seguindo metodologia descrita na AOAC¹² nº 991.20. O método consiste em três etapas: digestão, destilação e titulação. A digestão das amostras foi realizada em bloco digestor (TECNAL TE-008/50-04, Piracicaba, SP) iniciando com temperatura de 180 °C com aumento de 50 °C a cada 30 minutos, até atingir temperatura de 420°C com completa digestão das amostras. Após a digestão, e as amostras atingirem temperatura ambiente, adicionou-se 85 mL de água destilada. Em seguida, procedeu-se a destilação em destilador (TECNAL TE-036/1, Piracicaba, SP), utilizando 50 mL de ácido bórico como indicador e cerca de 75 mL/amostra de hidróxido de sódio a 40%. O destilado foi coletado até completar cerca de 200 mL do volume total. Em seguida, ocorreu a etapa de titulação utilizando ácido sulfúrico 0,1 N até a viragem do indicador. O fator de conversão de nitrogênio total em proteína utilizado para a polpa de cagaita foi de 6.25 e para os demais ingredientes e sorvetes foi de 6.38. O teor de proteína total foi calculado de acordo com a fórmula a seguir:

$$\text{*Proteína (\%)} = \left[\frac{((Va-Vb) \times N \times f \times 1.4007)}{m} \right] \times 6.25 \quad (\text{Equação 5})$$

$$\text{Proteína (\%)} = \left[\frac{((Va-Vb) \times N \times f \times 1.4007)}{m} \right] \times 6.38 \quad (\text{Equação 6})$$

Em que:

Va = Volume de solução de ácido sulfúrico 0,1 N gasto na titulação da amostra, em mL;

Vb = Volume de solução de ácido sulfúrico 0,1 N gasto na titulação do branco, em mL;

N = Normalidade da solução de ácido sulfúrico 0,1N;

f = Fator de correção da solução de ácido sulfúrico 0,1 N;

m = Massa da amostra

*fórmula do teor de proteína para polpa de cagaita

2.4.6. Lipídeos

Os lipídeos do leite e do creme foram determinados pelo método de Gerber que se baseia na quebra da emulsão do leite pela adição de ácido sulfúrico e álcool

isoamílico, com centrifugação e posterior determinação da lipídeos por leitura direta na escala do butirômetro, seguindo a o método nº 2000.18 descrito pela AOAC¹².

Os lipídeos do soro em pó, leite em pó e dos sorvetes funcionais probióticos foram determinados pelo método de Roesse-Gottlieb (Mojonnier), que baseia-se na utilização do hidróxido de amônio para solubilizar a caseína, neutralizar a acidez e reduzir a viscosidade da amostra e posterior extração da lipídeos utilizando o álcool etílico, éter etílico e éter de petróleo. Os lipídeos extraídos são determinados gravimetricamente seguindo o método nº 952.06 descrito pela AOAC¹².

O conteúdo de lipídeos da polpa de cagaita, foi determinado utilizando o método Bligh-Dyer. O método baseia-se na extração a frio de lipídeos que utiliza uma mistura de 3 solventes, clorofórmio-metanol-água. Inicialmente a amostra é misturada com metanol e clorofórmio, que estão em uma proporção que forma só uma fase com a amostra, juntamente com um volume de água calculado a partir do teor de umidade da amostra. Posteriormente, adiciona-se mais clorofórmio e sulfato de sódio 1.5%, de forma que são formadas 3 fases distintas, uma de clorofórmio contendo lipídeos, outra de metanol + água contendo as substâncias não lipídicas e outra com resíduo de amostra. A fase de clorofórmio com a gordura é isolada e após a evaporação do clorofórmio, obtemos a quantidade de lipídeos por pesagem¹³.

Método Rose-Gottlieb:

$$\text{Lipídeos (\%)} = \left[\frac{(m1-m2)-(m3-m4)}{m0} \right] \times 100 \quad (\text{Equação 7})$$

Método Bligh-Dyer:

$$\text{Lipídeos (\%)} = \left[\frac{(m1-m2)}{m0} \right] \times 100 \times 2 \quad (\text{Equação 8})$$

Em que:

m0= massa da amostra, em gramas;

m1= massa final do béquer com amostra, em gramas;

m2= massa inicial do béquer, em gramas;

m_3 = massa final do béquer usado no teste-branco, em gramas;
 m_4 = massa inicial do béquer usado no teste-branco, em gramas.

2.4.7. Lactose

O teor de lactose foi determinado utilizando o método de Lane-Eynon¹⁴, baseado na redução dos íons cúpricos a íons cuprosos pelo açúcar redutor em meio alcalino, a quente. Cerca de 5 g da amostra era dissolvida em 50 mL de água destilada e posteriormente era transferida para balão volumétrico de 250 mL. Adicionou-se 5 mL de solução de ferrocianeto de potássio a 15%, 5 mL de solução de sulfato de zinco a 30%, agitou e completou o volume (250 mL) com água destilada. Após ocorrer a sedimentação, a amostra era filtrada em papel filtro e o filtrado coletado em shots de 200 mL. Em seguida, o filtrado obtido era transferido para uma bureta de 25 mL. Utilizando pipetas volumétricas de 5 mL, era transferido para um Erlenmeyer, 5 mL da solução Fehling A e 5 mL da solução Fehling B. Adicionava-se 40 mL de água destilada, 1 gota de azul de metileno a 1%, aquecia até a ebulição e começava a gotejar a solução da amostra até que ocorre a viragem da amostra de azul anil para uma coloração avermelhada, resultado da formação do óxido cuproso. O teor de lactose foi determinado utilizando a fórmula a seguir:

$$\text{Lactose (\%)} = \frac{100 \times 250 \times (T \div 2) \times 1.39}{V \times m} \quad (\text{Equação 9})$$

Em que:

T = título da solução de Fehling;
 V = volume de amostra gasto na titulação, em mL;
 m = massa da amostra, em gramas;
 1.39 = fator de conversão da glicose para lactose.

2.4.8. Overrun

Overrun é a proporção de ar incorporado à calda na etapa de congelamento e batimento do sorvete. A medição desse parâmetro foi realizada com a pesagem inicial da calda em relação à pesagem do produto pronto. O *overrun* foi determinado utilizando a fórmula a seguir:

$$\text{Overrun (\%)} = \frac{P_c - P_s}{P_s} \times 100 \quad (\text{Equação 10})$$

Em que:

P_c = peso da calda, em gramas;

P_s = peso do sorvete, em gramas;

2.4.9. Teste de velocidade de derretimento

O teste de derretimento das amostras foi realizado seguindo metodologia descrita por Koxholt¹⁵ com algumas modificações. Os testes foram realizados em temperatura ambiente (25 °C). Pesava-se cerca de 50g da amostra que era colocada em uma peneira de aço inox 8x2 tyler 12, abertura de 1.4 mm apoiada na parte superior da balança analítica (AUY220 - Shimadzu, Kyoto, Japão). Uma placa de petri, identificada e previamente seca e tarada para cada amostra, foi colocada embaixo da peneira de inox (Figura 3) para coletar e pesar as perdas por derretimento do sorvete ao longo de 70 minutos, com pesagens a cada 10 minutos. O derretimento é definido como a perda de massa por gotejamento dividida pela massa total da amostra de sorvete em relação ao tempo. Assim, a partir dos dados obtidos, foram construídos gráficos de tempo x volume de sorvete derretido utilizando o modelo de regressão logística, através do software R¹⁶.

2.4.10. Colorimetria

As amostras de sorvetes funcionais probióticos, após o derretimento lento sob refrigeração, foram transferidas para béqueres de vidro com capacidade para 150 mL e as medições foram feitas em três pontos diferentes de para a obtenção da média.



FIGURA 3 – Utensílios e equipamento utilizados para o teste de velocidade de derretimento dos sorvetes funcionais probióticos

A análise de cor foi realizada por leitura direta utilizando o sistema CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) $L^*a^*b^*$. Esse sistema baseia-se no conceito que o olho humano apresenta três receptores para cor e as demais cores são decorrentes das combinações das principais: o vermelho, azul e verde¹⁷. O parâmetro L^* se refere à luminosidade ou brilho, a^* indica a intensidade de verde e vermelho e b^* , a intensidade de azul e amarelo, medidas obtidas através do aparelho colorímetro portátil BC-10 Baking Meter, da marca Konica Minolta (Japão), com ângulo de iluminação de 8° difusa, diâmetro de medição de 8 mm e lâmpada de tungstênio a gás, calibrado para um padrão branco¹⁸.

Com base nos valores de a^* e b^* foram calculados os índices Chroma* (saturação de cor) e Hue- Angle* (ângulo de tonalidade cromática) conforme as equações abaixo^{17,18}:

$$\text{Chroma} = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (\text{Equação 11})$$

$$\text{Hue}^* = \tan^{-1}(b^*/a^*) \quad (\text{Equação 12})$$

A saturação, determinada pelos índices Chroma, representa um atributo quantitativo para intensidade, ligada diretamente à concentração do elemento corante¹⁷. Já o Hue-Angle, representa um atributo qualitativo de cor, varia entre 0 e 360° e é interpretado através do valor de h° e sua cor correspondente, sendo 0° – vermelho, 90° – amarelo, 180° – verde e 270° – azul (Figura 4)¹⁷.

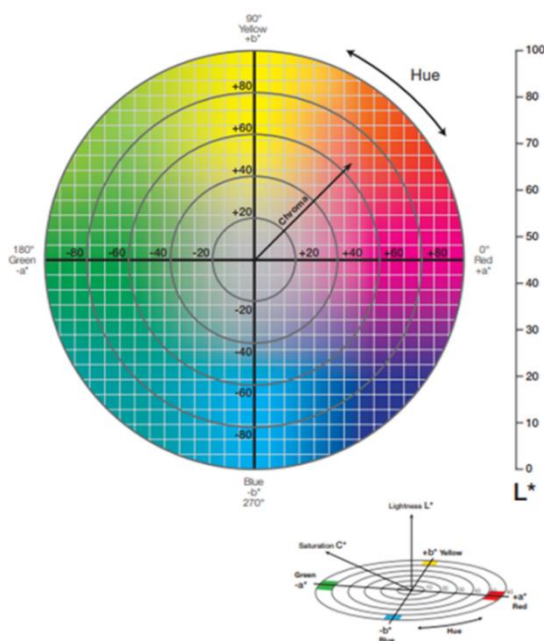


FIGURA 4 - Sistema de coordenadas colorimétricas para determinação de cor. Adaptado de X-rite⁶¹.

2.5. Análise Descritiva Quantitativa

A Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) é um dos métodos mais utilizados para caracterização de um novo produto quanto aos parâmetros de intensidade de cor, sabor, aroma, textura e consistência¹⁹, aprimorando a descrição detalhada do produto além de poder ser utilizado para determinação da vida útil do mesmo²⁰. No entanto, para que seja realizada essa análise necessita-se de assessores treinados para identificar e quantificar cada um dos parâmetros e as diferenças entre as amostras com precisão²¹.

Este estudo foi previamente aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFG sob parecer nº 3.509.927 (Anexo I).

As seis amostras de sorvetes funcionais probióticos com e sem adição de polpa de cagaita foram submetidos à Análise Sensorial Descritiva.

Dezessete candidatos a provadores foram recrutados e submetidos a perguntas relacionadas quanto às suas disponibilidades de tempo, capacidade de concentração, seus hábitos alimentares, doenças, gestação, alergias e/ou intolerâncias alimentares, tabagismo e se haviam contraído COVID-19, devido às possíveis sequelas relacionadas à alteração do olfato e paladar.

Posteriormente, foram seguidas as etapas descritas a seguir, para que o grupo de provadores estivesse convergente em relação aos parâmetros a serem avaliados.

1. Identificação de gostos básicos;

Para a seleção inicial da equipe, foram convidados dezessete candidatos a provadores, de ambos os sexos, os quais foram avaliados em função de seus desempenhos em teste de reconhecimento de gosto básico. Foram utilizadas quatorze soluções: solução de NaCl 0.8%, 0.15% e 0.47%; sacarose 0.4%, 0.8% e 1.2%; ácido cítrico 0.4%, 0.7% e 1.0%; cafeína 0.3%, 0.6% e 0.9% para identificação dos gostos salgado, doce, azedo e amargo, respectivamente, e 2 soluções de água potável. Os provadores que reconheceram pelo menos duas soluções referentes a cada gosto básico foram pré-selecionados, totalizando 16 provadores ao final do teste.

2. Familiarização dos aromas possivelmente presentes nas amostras;

Foram selecionados os seguintes aromas para realizar essa familiarização: leite, creme de leite, manteiga, leite fervido, cagaita, leite azedo, maracujá, soro em pó, calda de açúcar, manteiga rançosa, leite em pó, açúcar, aroma de baunilha e água.

Foram colocadas porções dos produtos relacionados acima em recipientes plásticos, recobertos por papel alumínio perfurado, para liberação dos aromas no momento do teste. A cada provador, o papel alumínio foi trocado por outro novo, para minimizar os riscos de contaminação pela COVID-19. Os provadores pré-selecionados foram submetidos ao teste onde avaliaram cada uma das amostras quanto ao odor e realizaram o teste de reconhecimento de odores.

3. Levantamento dos termos descritores das amostras;

Após a seleção dos dezesseis julgadores, esses foram treinados para conseguir traçar o perfil sensorial dos sorvetes. Nove amostras de sorvetes, previamente desenvolvidos pelo grupo de pesquisa, foram apresentadas a cada um dos provadores em uma sessão única, permitindo a interação máxima do grupo. A sessão foi conduzida de forma a obter o máximo de termos descritores que pudessem traçar o perfil sensorial, quanto a aparência, aroma, textura e sabor, com o objetivo de eliminar redundâncias, sinônimos ou termos poucos citados.

Os termos que expressaram o mesmo significado foram agrupados em um só atributo, aqueles poucos utilizados foram eliminados, selecionando de forma consensual os termos que melhor descreveram as similaridades e diferenças entre as amostras. Ao final da sessão, foi gerada uma lista de termos descritivos de aparência, aroma, textura e sabor característico, com as respectivas referências de intensidade (Anexo II). Também foi gerada uma ficha de avaliação descritiva das amostras, onde para avaliação da intensidade de cada atributo, foi utilizada uma escala não estruturada de 9 cm, ancorada nos extremos com termos de intensidade como pouco e muito (Anexo III).

4. Treinamento dos termos descritores;

Foi realizado o treinamento dos termos descritores (termos relacionados a intensidade) e análise sensorial das amostras referências (sorvetes comerciais de coco, creme e maracujá) para seleção final da equipe.

Os provadores avaliaram a intensidade de cada termo descritor em três diferentes amostras de sorvetes comerciais (sabor creme, coco e maracujá) que apresentavam diferentes termos descritores levantados pela equipe. Materiais de referência, a tabela com as definições e referências de intensidade dos termos descritivos foram colocados à disposição dos provadores em cada sessão.

Os julgadores avaliaram as amostras de sorvetes, utilizando a ficha, em duas sessões individuais. As amostras foram avaliadas em trios, sob condições de teste (recipiente inodoro, quantidade suficiente, amostras codificadas). Após a avaliação, os resultados dos provadores foram submetidos à análise estatística de forma que os provadores com desvios padrões entre os resultados maior que um foram excluídos e selecionados apenas aqueles que não tiveram diferença estatística pela análise de variância entre os resultados para a mesma amostra, a fim de garantir repetibilidade e reprodutividade aceitáveis.

5. Análise sensorial do perfil dos sorvetes funcionais probióticos com e sem adição de polpa de cagaita.

O perfil sensorial das seis amostras de sorvetes funcionais probióticos foi realizado no Laboratório de Pesquisa em Alimentos (CPA/EVZ/UFG) em sala individual, em duplicata, com a equipe treinada e selecionada (7 provadores). As amostras foram servidas em recipientes plásticos inodoros de 200mL codificados, sendo servidas individualmente. As fichas com as definições e referências de cada atributo encontravam-se à disposição dos provadores.

Através dos dados coletados, foi possível, utilizando o software R¹⁶, gerar gráficos denominados “radar” ou “aranha”. Estes gráficos consistem na sequência de raios equi-angulares sendo que cada raio representa um parâmetro avaliado (cor, aroma, sabor e textura) das amostras dos sorvetes funcionais probióticos. Permitindo a visualização gráfica de diferenças e semelhanças entre as intensidades dos descritores das amostras avaliadas pela equipe treinada.

2.6. Análises microbiológicas

As análises microbiológicas para caracterização da matéria-prima e dos sorvetes funcionais probióticos foram realizadas na primeira semana após a fabricação dos sorvetes, no Laboratório Multiusuário de Microbiologia de Alimentos do Centro de Pesquisa em Alimentos, da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás (CPA/EVZ/UFG) da seguinte forma:

a) Leite pasteurizado, creme pasteurizado, soro em pó, leite em pó e polpa de cagaita: contagem de micro-organismos aeróbios mesófilos, pesquisa de *Salmonella* spp., contagem de bolores e leveduras e contagem de Enterobacteriaceae.

b) Sorvetes funcionais probióticos: pesquisa de *Salmonella* spp., contagem de Enterobacteriaceae, contagem de *Staphylococcus* coagulase positiva e contagem da cultura probiótica de *Lactobacillus acidophilus*

A metodologia descrita no American Public Health Association²² foi utilizada para contagem de Enterobacteriaceae da matéria-prima e dos sorvetes funcionais probióticos; e para contagem de mesófilos aeróbios e contagem de bolores e leveduras da matéria-prima. A pesquisa para detecção de *Salmonella* spp. seguiu a metodologia descrita na ISO 6579:2002²³. Para contagem de *Staphylococcus* coagulase positiva nos dos sorvetes funcionais probióticos, utilizou-se a metodologia descrita na ISO 6888-1 Part 1²⁴.

Para a análise de *Samonella* spp. uma alíquota de 25 mL, para as amostras líquidas ou viscosas, e 25g para as amostras como soro em pó e leite em pó, foi adicionada a um frasco contendo 225 mL de água tamponada 1%. Posteriormente, cada frasco foi incubado a 37 °C/ 18-20 horas e após o período de incubação, uma alíquota de 0,1 mL era transferida para um tubo contendo 10 mL do meio Rappaport Vassiliadis e uma alíquota de 1 mL era transferida para um tubo contendo 10 mL do meio Tetratationato, sendo em seguida incubados a 41,5 °C e 37 °C, respectivamente, por 24 horas. Após essa etapa, utilizando alças de inoculação, as amostras foram espalhadas no meio ágar de desoxicolato-lisina-xilose (XLD) e ágar bismuto sulfito (BS) e estas foram incubadas invertidas a 37 °C por 24 horas, sendo feita a leitura das placas após esse período.

Para as demais análises, uma alíquota de 25 mL foi adicionada a um frasco contendo 225 mL de água peptonada 0,1% e submetida à diluição seriada utilizando o mesmo diluente e posteriormente seguiu-se com a metodologia específica para análise de cada micro-organismo.

Para contagem de Enterobacteriaceae, utilizou-se o método de plaqueamento em profundidade, inoculando 1 mL da amostra em placas de Petri e posteriormente recobrindo e homogeneizando com cerca de 20 mL de meio ágar Violet Red Bile Dextrose (VRBD), sendo incubadas invertidas a 37 °C por 24 horas. Da mesma forma, para contagem de mesófilos aeróbios utilizou-se o método de plaqueamento em profundidade, inoculando 1 mL da amostra em placas de Petri e posteriormente recobrindo e homogeneizando com cerca de 20 mL de meio ágar Plate Count Agar (PCA), sendo incubadas invertidas a 32 °C por 48 horas.

Para contagem de *Staphylococcus* coagulase positiva, uma alíquota de 1 mL foi inoculada em placas de Petri previamente preparadas e secas de ágar Baird-Parker e o inóculo

foi espalhado com alça de *Drigalski*, posteriormente foram incubadas invertidas a 37 °C por 48 horas.

Para enumeração de bolores e leveduras, uma alíquota de 0,1 mL foi inoculada em placas de Petri previamente preparadas e secas de ágar Dicloran Rosa Bengala Cloranfenicol (DRBC) e o inóculo foi espalhado com alça de *Drigalski*, posteriormente incubadas a 25°C por 5 dias.

Para contagem de *Lactobacillus acidophilus*, uma alíquota de 1 mL foi inoculada em placas petri e posteriormente recoberta e homogeneizada com cerca de 20 mL do meio ágar De Man, Rogosa e Sharpe (MRS), sendo incubadas invertidas a 37 °C por 72 horas. Para comparar as condições de crescimento da cultura de *Lactobacillus acidophilus* dos sorvetes, as amostras foram incubadas em anaerobiose, em aerobiose e microaerofilia. E posteriormente, as amostras foram avaliadas conforme a viabilidade da cultura probiótica durante 110 dias incubadas sob condição de microaerofilia.

2.7. Análise estatística

Os resultados das análises físico-químicas foram submetidos ao teste de análise de variância (ANOVA), com delineamento experimental inteiramente casualizado. A comparação de médias foi realizada utilizando o teste Scott-Knott, ao nível de 5% de significância de significância, através do software R¹⁶. A Análise de Componentes Principais (ACP) foi utilizada para analisar as correlações entre variáveis, utilizando o software R.

Os resultados das análises microbiológicas foram analisados de forma descritiva. Sendo que, os resultados da viabilidade de *Lactobacillus acidophilus* foram avaliados por meio de escala logarítmica.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Caracterização físico-química e microbiológica da matéria-prima

Os ingredientes utilizados na fabricação dos sorvetes funcionais probióticos foram analisados, a fim de caracterizar os aspectos físico-químicos e microbiológicos da matéria-prima no momento de sua utilização. Nas tabelas a seguir estão apresentados os resultados médios das análises físico-químicas (Tabela 2) e microbiológicas (Tabela 3) dos processos.

Em relação aos parâmetros físico-químicos, foi possível observar que todos os ingredientes utilizados se encontravam dentro dos padrões exigidos pelas legislações vigentes específicas²⁵⁻²⁷. Ressalta-se o cuidado com a neutralidade do valor de pH dos ingredientes, visto que caso estivesse próximo ao ponto isoelétrico da caseína (pH=4.7) poderia ocorrer a precipitação de proteínas ao realizar o tratamento térmico da calda e consequentemente, levar a formação de grumos²⁸.

TABELA 2 - Caracterização físico-química da matéria-prima utilizada na fabricação de sorvetes funcionais probióticos (média $\pm$ desvio padrão, n=3)

Análises físico-químicas	Matéria-prima				
	Leite pasteurizado	Creme de leite pasteurizado	Soro em pó	Leitelho em pó	Polpa de cagaita
pH	6.805 $\pm$ 0.010 ^a	6.115 $\pm$ 0.010 ^d	6.300 $\pm$ 0.001 ^c	6.580 $\pm$ 0.010 ^b	3.260 $\pm$ 0.010 ^e
Acidez (g/100g)	0.160 $\pm$ 0.010 ^d	0.120 $\pm$ 0.010 ^e	1.245 $\pm$ 0.010 ^a	1.030 $\pm$ 0.020 ^b	0.995 $\pm$ 0.010 ^c
Umidade (%)	88.335 $\pm$ 0.160 ^b	58.710 $\pm$ 0.060 ^c	5.595 $\pm$ 0.033 ^d	6.710 $\pm$ 0.012 ^d	91.085 $\pm$ 0.990 ^a
Cinzas (%)	0.725 $\pm$ 0.003 ^c	0.460 $\pm$ 0.0040 ^d	4.370 $\pm$ 0.060 ^b	5.440 $\pm$ 0.030 ^a	0.340 $\pm$ 0.070 ^d
Proteína (%)	3.320 $\pm$ 0.230 ^c	2.160 $\pm$ 0.160 ^d	11.685 $\pm$ 0.220 ^b	28.545 $\pm$ 0.210 ^a	1.835 $\pm$ 0.100 ^d
Lipídeos (%)	3.250 $\pm$ 0.070 ^c	37.500 $\pm$ 0.710 ^a	0.695 $\pm$ 0.030 ^d	6.560 $\pm$ 0.190 ^b	0.275 $\pm$ 0.010 ^e
Lactose (%)	5.255 $\pm$ 0.137 ^c	2.690 $\pm$ 0.151 ^d	37.890 $\pm$ 0.013 ^a	29.510 $\pm$ 0.184 ^b	n.d. ¹

As médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma linha não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste Scott-Knott.

¹Não detectado.

Em relação à polpa de cagaita, teve-se como base a legislação para o gênero *Eugenia* spp. descrita na Instrução Normativa n° 37 de 1 de outubro de 2018²⁹, que estava

dentro dos parâmetros avaliados. No mesmo sentido, apesar do leite ainda não possuir regulamento para identidade e qualidade em relação às suas características físico-químicas e microbiológicas, segue-se como base a legislação para o soro em pó.

TABELA 3 - Caracterização microbiológica da matéria-prima, utilizada na fabricação de sorvetes funcionais probióticos (n=2)

Matéria-prima	Análises microbiológicas			
	<i>Salmonella</i> spp. (UFC/ mL em 25g)	Contagem de Enterobacteriae (UFC/ mL)	Contagem de aeróbios mesófilos (UFC/ mL)	Bolores e Leveduras (UFC/ mL)
Leite pasteurizado	Ausência	<10	<3 X 10 ⁴	<100
Creme pasteurizado	Ausência	<10	> 10 ⁵	<100
Soro em pó	Ausência	<10	<3 X 10 ⁴	<100
Leitelho em pó	Ausência	<10	<3 X 10 ⁴	<100
Referência ¹	Ausência	<10	<3 X 10⁴	<100
Polpa de cagaita	Ausência	<10	<3 X 10 ⁴	<100
Referência ²	Ausência	<10	*	<100

¹ Instrução Normativa nº 60, de 23 de dezembro de 2019. ² Instrução Normativa nº 49, de 26 de setembro de 2018. * não possui valor de referência.

Quanto aos parâmetros microbiológicos, o creme de leite pasteurizado apresentou alta contagem de aeróbios mesófilos. No entanto, na Instrução Normativa nº 60, de 23 de dezembro de 2019³⁰ o padrão microbiológico desse micro-organismo não é requerida para esse tipo de produto, não sendo especificado o valor máximo permitido nessa legislação. Provavelmente essa alta contagem de aeróbios mesófilos ocorreu em virtude de falhas no processo de pasteurização desse produto, visto que por conter maior concentração de gordura é fundamental que a relação tempo x temperatura seja ajustada de acordo com as características do produto.

Em virtude de o processamento dos sorvetes apresentar a etapa de pasteurização (72-75 °C/30min) para a sua fabricação, essa contaminação foi eliminada durante essa etapa, não sendo observada contaminação nos sorvetes produzidos com esse creme de leite.

Os demais ingredientes se encontravam dentro dos padrões estabelecidos pela legislação^{30,31} e alinhados às boas práticas de fabricação.

3.2. Caracterização físico-química dos sorvetes funcionais probióticos

A caracterização físico-química dos sorvetes funcionais probióticos na primeira semana após a sua fabricação, estão apresentados na Tabela 4.

TABELA 4 – Caracterização físico-química dos sorvetes funcionais probióticos (média ± desvio padrão, n =3)

Formulações ¹	Leite/Creme (%)	Soro (%)	Leitelho (%)	Polpa de cagaita (%)	pH	Acidez (g/100g)	Umidade (g/100g)	Cinzas (g/100g)	Proteína (g/100g)	Lipídeos (g/100g)	Lactose (g/100g)
W26.70	62.30	26.70	0.00	0.00	6.255±0.010 ^b	0.499±0.030 ^a	50.350±0.200 ^d	1.543±0.001 ^a	4.540±0.040 ^e	11.200±0.030 ^c	21.530±0.648 ^a
BM26.70	62.30	0.00	26.70	0.00	6.310±0.010 ^a	0.445±0.010 ^a	51.540±0.520 ^c	1.748±0.020 ^a	7.365±0.120 ^b	14.186±0.021 ^a	17.130±0.159 ^c
WBM13.35	62.30	13.35	13.35	0.00	6.335±0.010 ^a	0.451±0.070 ^a	51.325±0.330 ^c	1.664±0.020 ^a	6.300±0.200 ^c	13.534±0.170 ^b	19.630±0.283 ^b
WC20.70	48.30	20.70	0.00	20.00	6.080±0.010 ^e	0.544±0.020 ^a	58.910±0.060 ^a	1.365±0.020 ^a	4.055±0.040 ^f	10.955±0.100 ^c	19.770±0.093 ^b
BMC20.70	48.30	0.00	20.70	20.00	6.210±0.010 ^c	0.566±0.060 ^a	58.410±0.210 ^a	1.572±0.020 ^a	8.050±0.010 ^a	11.035±0.190 ^c	12.426±0.132 ^e
WBMC10.35	48.30	10.35	10.35	20.00	6.170±0.010 ^d	0.578±0.050 ^a	56.665±0.220 ^b	1.440±0.020 ^a	5.660±0.250 ^d	10.118±0.140 ^d	15.605±0.274 ^d

As médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste Scott-Knott.

¹Todas as formulações continham 10% de açúcar cristal e 1% de emulsificante.

Não houve diferença significativa ($p>0.05$) entre os sorvetes funcionais probióticos para os parâmetros físico-químicos de acidez e teor de cinzas (Tabela 4). Para os demais parâmetros avaliados, houve diferença significativa ($p<0.05$) entre as amostras, sendo essa diferença relacionada diretamente com as concentrações dos ingredientes que compõe cada formulação.

As formulações apresentaram pH entre 6.08 e 6.33, sendo valores similares encontrados para sorvetes de creme em trabalho realizado por Faresin³² para sorvetes com redução de açúcar e gordura e foram valores superiores aos encontrados por Costa³³ e Sousa³⁴ para sorvetes simbióticos de açaí e graviola, respectivamente, que encontraram valores de pH entre 5.00 e 6.00. As formulações fabricadas com polpa de cagaita (20%) apresentaram menor valor de pH quando comparadas com as demais. Dentre as formulações sem adição de polpa de cagaita (W26.70, BM26.70 e WBM13.35) as fabricadas com leiteiro apresentaram maior valor de pH. A correlação negativa entre o teor de polpa de cagaita e valor de pH e a maior correlação positiva entre a concentração de leiteiro e o valor pH é também evidenciado na Tabela 5.

Em relação ao teor de umidade, houve variação entre 50.35% e 58.91%. As formulações sem adição de polpa (W26.70, BM26.70 e WBM13.35) apresentaram menor teor de umidade ao serem comparadas com as que foram fabricadas com polpa de cagaita, mesmo apresentando maior concentração de leite/creme em sua composição. Isso pode ser explicado pelo fato de que a polpa de cagaita apresenta alto teor de umidade (91.085 ± 0.990), sendo superior ao encontrado para o leite e creme utilizados na fabricação desses sorvetes (Tabela 2). Assim, tem-se a correlação positiva entre a polpa de cagaita e o teor de umidade e a correlação negativa entre leite/creme e o parâmetro avaliado (Tabela 5). Costa³³ observou valores superiores entre 62.31% e 66.50% de teor umidade para sorvetes simbióticos fabricados com 20% de polpa de açaí, no entanto, para fabricação desses sorvetes foi utilizado 45% de água, contribuindo diretamente para o aumento do teor de umidade desses sorvetes. No mesmo sentido, sorvetes fabricados por Sousa³⁴ com 20% de polpa de graviola, apresentaram altos teores de umidade, entre 65.89% a 73.12% , utilizando também na composição dos sorvetes, água entre 42.07% a 53.57%. E Meneses et al.³⁵, apesar de não utilizar água para fabricação de sorvetes, ao substituir o leite em sorvetes por soro e leiteiro líquido, observou aumento no teor de umidade, porém como já citado, foram utilizados coprodutos em sua forma líquida e com maior teor de umidade, ao contrário do soro e leiteiro, na apresentação em pó, que foram utilizados neste trabalho.

TABELA 5 - Coeficiente de correlação de Pearson entre matéria-prima e parâmetros físico-químicos

Matéria-prima	pH	Acidez	Umidade	Cinzas	Proteína	Lipídeos	Lactose
Leite/Creme	0.851	-0.926	-0.976	0.750	0.051	0.766	0.576
Soro	-0.278	0.017	-0.199	-0.527	-0.929	-0.347	0.838
Leitelho	0.537	-0.299	-0.097	0.756	0.944	0.580	-0.663
Polpa de cagaita	-0.851	0.927	0.976	-0.750	-0.050	-0.766	-0.576

*O coeficiente de correlação de Pearson pode variar em termos de valor de -1 a +1

Relacionado com a estrutura do sorvete, o teor de proteína é um parâmetro essencial a ser avaliado nesse alimento. Visto que, como já discutido anteriormente, as proteínas interferem em diversos aspectos, como no equilíbrio termodinâmico, na viscosidade dos sorvetes, na estabilização da estrutura formada durante o batimento e congelamento, além de atuar sobre o tempo de derretimento desse alimento³⁶.

Assim, para o parâmetro teor de proteína, a correlação positiva foi estabelecida com a concentração de leitelho e a correlação negativa mais significativa é com a concentração de soro (Tabela 5). Assim, foi possível observar que as formulações BM26.70 e BMC20.70, com maiores teores de leitelho em sua composição, foram as que apresentaram maiores teores de proteína total, sendo 7.365 ± 0.120 e 8.050 ± 0.010 , respectivamente. E as formulações com maiores concentrações de soro W26.70 e WC20.70, obtiveram os menores teores de proteína total, 4.540 ± 0.040 e 4.055 ± 0.040 , respectivamente. Enquanto as formulações com ambos os coprodutos em sua composição, apresentaram teores de proteína intermediários entre as amostras avaliadas.

Em trabalho desenvolvido por Meneses et al.³⁵, essa relação também foi observada ao substituírem o leite por soro líquido e leitelho líquido, usando diferentes concentrações, em sorvetes. Os autores obtiveram teor de proteína numericamente superior para os sorvetes com maior concentração de leitelho, quando comparados com os demais. Essa correlação entre leitelho e teor de proteínas é evidenciada na Figura 5, em que através da Análise de Componentes Principais observa-se a influência dos ingredientes sobre os parâmetros físico-químicos.

A alta correlação positiva entre as variáveis, matéria-prima e parâmetros físico-químicos, é demonstrada pela maior proximidade entre elas, e a correlação negativa é visualizada quando as variáveis se encontram em quadrantes opostos.

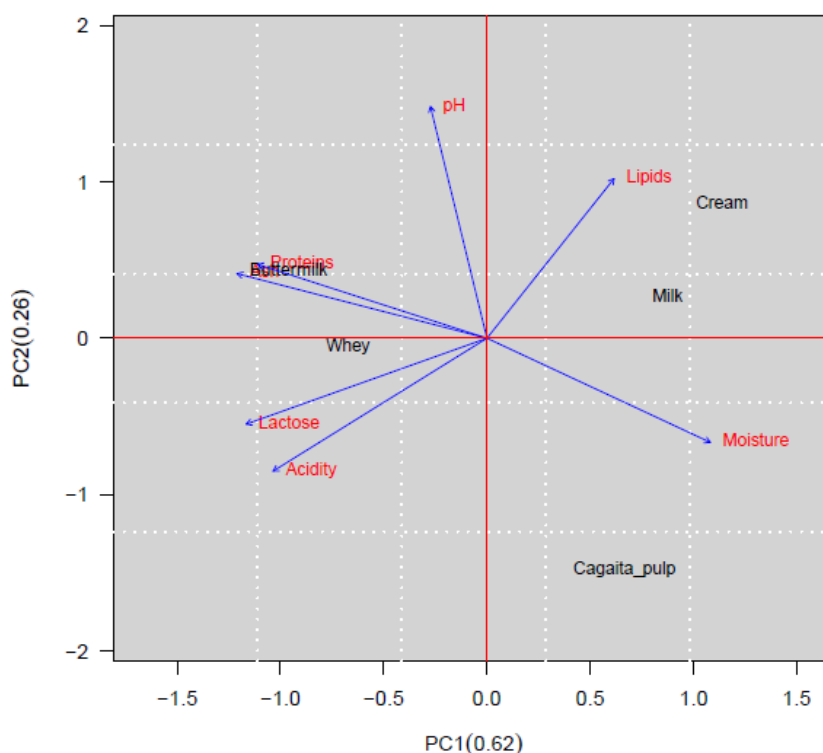


FIGURA 5 - Comparação da correlação estabelecida entre os ingredientes e os parâmetros físico-químicos

De acordo com o exposto e discutido no Capítulo 2, a gordura desempenha papel fundamental nos aspectos tecnológicos e sensoriais dos sorvetes^{37,38}. Sendo assim, trata-se de um parâmetro de grande relevância para esse tipo de derivado lácteo.

Os sorvetes funcionais probióticos apresentaram teor de lipídeos entre 10.12% e 14.19%, sendo que apenas as formulações BM26.70 e WBM13.35 são categorizadas em sorvetes *premium*, com teor de gordura entre 12 – 14%³⁷ e as demais formulações foram categorizadas em sorvetes padrão, conforme classificação de Goff³⁷. Esses valores foram superiores aos dos sorvetes fabricados nos trabalhos desenvolvidos por Costa³³ para sorvetes simbióticos de açaí, por Sousa³⁴ para sorvetes simbióticos de graviola, por Ramos³⁹ para sorvete *gourmet* com reduzido teor de lactose, por Faresin³² para sorvetes funcionais com redução de açúcar e gordura e por Meneses et al.³⁵ que utilizou soro líquido e leite líquido para substituir a gordura do leite em sorvetes. Tais estudos obtiveram formulações classificadas nas categorias de sorvetes *light* (2 a 5% de gordura) e sorvetes com baixo teor de gordura (5 a 7% de gordura)³⁷. Sendo que, trabalhos que envolvem o desenvolvimento de sorvetes têm tido como foco sorvetes com reduzido teor de gordura ou sorvetes com substituição parcial ou total da gordura láctea.

No entanto, neste trabalho, visando as propriedades benéficas que o consumo de gordura láctea proporciona por ser fonte de ácidos graxos⁴⁰, como o ácido butírico, associado a efeitos benéficos à mucosa intestinal⁴¹ e o ácido linoleico conjugado, que apresenta efeito antiateratogênico⁴², além de outros ácidos graxos essenciais que promovem efeitos benéficos relevantes, a gordura láctea auxilia também na absorção de vitaminas lipossolúveis (A,D e E). Assim, o teor de lipídeos elevado é pretendido, neste estudo, para explorar e exaltar os efeitos benéficos da gordura láctea, os efeitos positivos sobre os aspectos tecnológicos, sensoriais e aspectos microbiológicos, no sentido de promover proteção física à cepa probiótica dos sorvetes tanto em relação ao congelamento quanto à tolerância durante a passagem pelo trato gastrointestinal⁴³.

A lactose apresentou maior teor nos sorvetes com maior concentração de soro (Figura 6). No sorvete com maior concentração de leiteiro e com adição polpa de cagaita (BMC20.70) esse parâmetro foi o menor dentre as formulações (Tabela 4), sendo um resultado equiparado à correlação negativa entre a concentração de leiteiro e polpa de cagaita com o teor de lactose dos sorvetes (Tabela 5).

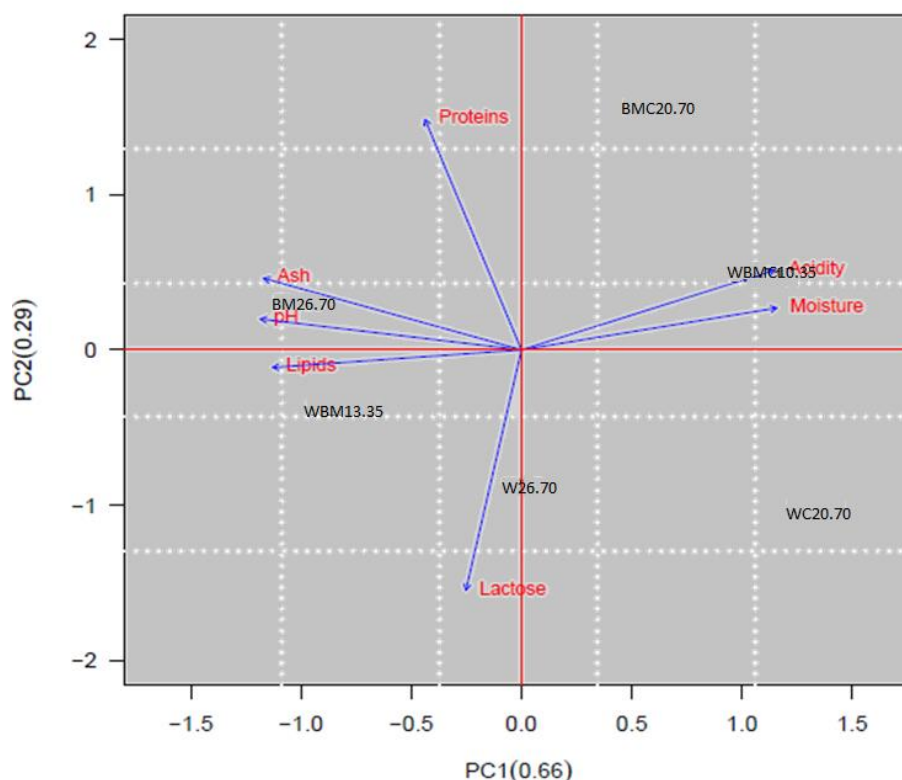


FIGURA 6 - Comparação da correlação estabelecida entre as formulações de sorvetes funcionais probióticos e os parâmetros físico-químicos

W26.70: 62.30% leite/creme e 26.70% de soro; **BM26.70:** 62.30% de leite/creme e 26.70% de leiteiro; **WBM13.35:** 62.30% de leite/creme, 13.35% de soro e 13.35% de leiteiro; **WC20.70:** 48.30% de leite/creme, 20.70% de soro e 20% de polpa de cagaita; **BMC20.70:** 48.30% de leite/creme, 20.70% de leiteiro e 20% de polpa de cagaita; **WBM10.35:** 48.30% de leite/creme, 10.35% de soro, 10.35% de leiteiro e 20% de polpa de cagaita.

Dentre os ingredientes utilizados para a fabricação dos sorvetes funcionais probióticos, o soro em pó, apresenta maior teor de lactose (Tabela 2), assim os sorvetes com maiores concentrações desse coproduto apresentam maior teor de lactose (Figura 6).

As correlações discutidas são evidenciadas através do gráfico de Análise de Componentes Principais entre as formulações e os parâmetros físico-químicos (Figura 6). Assim, as formulações com adição de polpa de cagaita (WC20.70, BMC20.70 e WBM10.35) estão relacionadas com maiores teores de umidade, maiores valores numéricos de acidez e menores valores de pH. As formulações com maior concentração de leiteiro estão relacionadas com maior teor de proteína e menor teor de lactose, sendo uma relação inversa com esses parâmetros, quando se trata das formulações com maior concentração de soro. E as formulações tanto com soro quanto com leiteiro em sua composição, apresentam poucas semelhanças em virtude da adição de polpa de cagaita em uma dessas amostras. Corroborando com a análise de variância (Tabela 4) dos parâmetros físico-químicas dos sorvetes.

3.2.1. Overrun

Overrun é definido como a quantidade de ar incorporado ao sorvete durante o processo de batimento e congelamento, proporcionando o aumento de volume da mistura⁴⁴.

Os resultados dos sorvetes funcionais probióticos para análise de *overrun*, estão apresentados na Tabela 6.

TABELA 6 - Valores de *overrun* (%) obtidos para as diferentes formulações de sorvetes funcionais probióticos após a etapa de batimento e congelamento (n=2)

Formulações	Leite/	Soro (%)	Leitelho (%)	Polpa de	<i>Overrun</i> (%)
	Creme (%)			cagaita (%)	
W26.70	62.30	26.70	0.00	0.00	28.58 ± 0.71 ^a
BM26.70	62.30	0.00	26.70	0.00	29.33 ± 0.01 ^a
WBM13.35	62.30	13.35	13.35	0.00	26.96 ± 0.04 ^b
WC20.70	48.30	20.70	0.00	20.00	25.68 ± 0.91 ^b
BMC20.70	48.30	0.00	20.70	20.00	26.41 ± 0.03 ^b
WBM10.35	48.30	10.35	10.35	20.00	25.68 ± 1.22 ^b

As médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste Scott-Knott.

Houve diferença estatística ($p < 0.05$) entre os sorvetes para a análise de incorporação de ar. As porcentagens de *overrun* dos sorvetes fabricados variaram entre 25.68% e 29.33%, sendo em relação a esse parâmetro, sorvetes de alta qualidade, classificados como *super premium*, que apresentam taxa de incorporação de ar entre 25-50%¹⁰. Os valores baixos de *overrun* podem ser associados ao método de fabricação utilizado bem como o tipo de sorveteira. Visto que, a produção de sorvetes por meio do modo contínuo e não por batelada, como ocorreu neste trabalho, é mais eficiente para a incorporação de ar no produto⁴⁵. Ressalta-se que a taxa de incorporação de ar nos sorvetes desenvolvidos resultou das características de composição de cada formulação, pois com a sorveteira utilizada, não havia como controlar a taxa de incorporação de ar nesses sorvetes.

De forma semelhante ao observado por Faresin³², no presente trabalho, os sorvetes, com maior teor de leite/creme (62.30%) e teores de lipídeos consideráveis, apresentaram maior valor de *overrun*, entre 28.58% e 29.33%. E as formulações com adição de polpa (WC20.70, BMC20.70 e WBMC10.35) apresentaram menores valores de *overrun*.

Essa correlação ocorreu provavelmente em virtude da adição da polpa de cagaita promover redução proporcional na concentração do teor de gordura dos sorvetes. Assim, a quantidade de gordura disponível para promover a formação da microestrutura coloidal através do aprisionamento e estabilização das bolhas de ar incorporadas, estava reduzida³⁷. E conseqüentemente, resultou em uma menor taxa de incorporação de ar⁴⁰.

Nesse sentido, essa taxa de incorporação de ar mais baixa está relacionada com sorvetes com menor teor de gordura.

Da mesma forma que observado por Ramos et al.⁴⁶, ao desenvolver sorvetes com adição de leite, o sorvete com alta concentração de leite (BM26.70) apresentou alta taxa de incorporação de ar ($29.33\% \pm 0.01$), dentre as formulações avaliadas, provavelmente relacionado com a presença de grande quantidade de fosfolipídeos que constituem o leite⁴⁶. Apesar de apresentar uma relação entre concentração de leite e *overrun* semelhante ao trabalho citado, a formulação BM26.70 apresentou menor incorporação de ar do que os sorvetes desenvolvidos por Ramos et al.⁴⁶ que encontrou valores de *overrun* de 31.36% e 33.24% para sorvetes com 50% de leite líquido e 100% de leite líquido, respectivamente.

O *overrun* influencia diretamente na textura e na velocidade de derretimento dos sorvetes, como discutido no capítulo anterior. Sendo que sorvetes com maior teor de gordura, apresentam maior valor de *overrun*, tendem a ter uma textura mais suave, e apresentam menor velocidade de derretimento⁴⁷. Ou seja, a taxa de incorporação de ar e a velocidade de derretimento da amostra são parâmetros inversamente proporcionais.

No entanto, neste trabalho, foi possível observar que esse comportamento foi contrário para os sorvetes produzidos, e similar ao trabalho desenvolvido por Szkolnicka⁴⁸, sendo discutido no tópico a seguir.

3.2.2. Teste de velocidade de derretimento

O comportamento dos sorvetes durante o derretimento foi demonstrado através de gráficos do peso de sorvete drenado *versus* o tempo, por meio regressão logística (Figura 7), em virtude das amostras não apresentarem linearidade durante o derretimento. De forma que, em determinados espaços de tempo, o derretimento ocorria mais rapidamente (Tabela 7).

TABELA 7 - Comportamento dos sorvetes funcionais probióticos durante o teste de velocidade de derretimento (g/min, a cada 10 minutos)

Tempo (min)	Formulações					
	W26.70	BM26.70	WBM13.35	WC20.70	BMC20.70	WBMC10.35
10'	0.11	0.08	0.21	0.07	0.01	0.05
20'	0.74	0.60	0.82	0.11	0.04	0.09
30'	1.71	2.18	2.10	0.38	0.21	0.35
40'	3.20	3.99	3.40	0.70	0.96	1.04
50'	4.00	5.14	4.18	0.98	1.99	2.00
60'	4.19	—	4.37	1.17	3.03	2.81

W26.70: 62.30% leite/creme e 26.70% de soro; **BM26.70:** 62.30% de leite/creme e 26.70% de leiteiro; **WBM13.35:** 62.30% de leite/creme, 13.35% de soro e 13.35% de leiteiro; **WC20.70:** 48.30% de leite/creme, 20.70% de soro e 20% de polpa de cagaita; **BMC20.70:** 48.30% de leite/creme, 20.70% de leiteiro e 20% de polpa de cagaita; **WBMC10.35:** 48.30% de leite/creme, 10.35% de soro, 10.35% de leiteiro e 20% de polpa de cagaita.

As formulações apresentaram boa estabilidade e baixa taxa de derretimento durante os primeiros 20 minutos de análise. Sendo que, as formulações com polpa de cagaita, apresentaram maior derretimento somente após 30 minutos de análise. É possível observar que a formulação com maior teor de leite/creme e leiteiro (BM26.70) em sua composição é também a formulação que apresenta maior velocidade de derretimento

(Figura 7), completando o derretimento após 50 minutos de análise (Figura 8), apesar de ter apresentado alto teor de lipídeos ($14.186\% \pm 0.021$) e maior *overrun* ($29.33\% \pm 0.01$).

Essa mesma relação foi observada em trabalho desenvolvido por Szkolnicka⁴⁸ com desenvolvimento de sorvetes com leite doce e leite ácido, em que o sorvete com adição de leite doce, apresentou numericamente maior valor de *overrun* e maior susceptibilidade ao derretimento. Ou seja, esses parâmetros demonstraram ter sinergia e serem diretamente proporcionais. No entanto, em trabalho desenvolvido por Meneses et al.³⁵ e Ramos et al.⁴⁶, as menores taxas de derretimento/minuto foram relacionadas com as formulações que apresentavam maior concentração de leite.

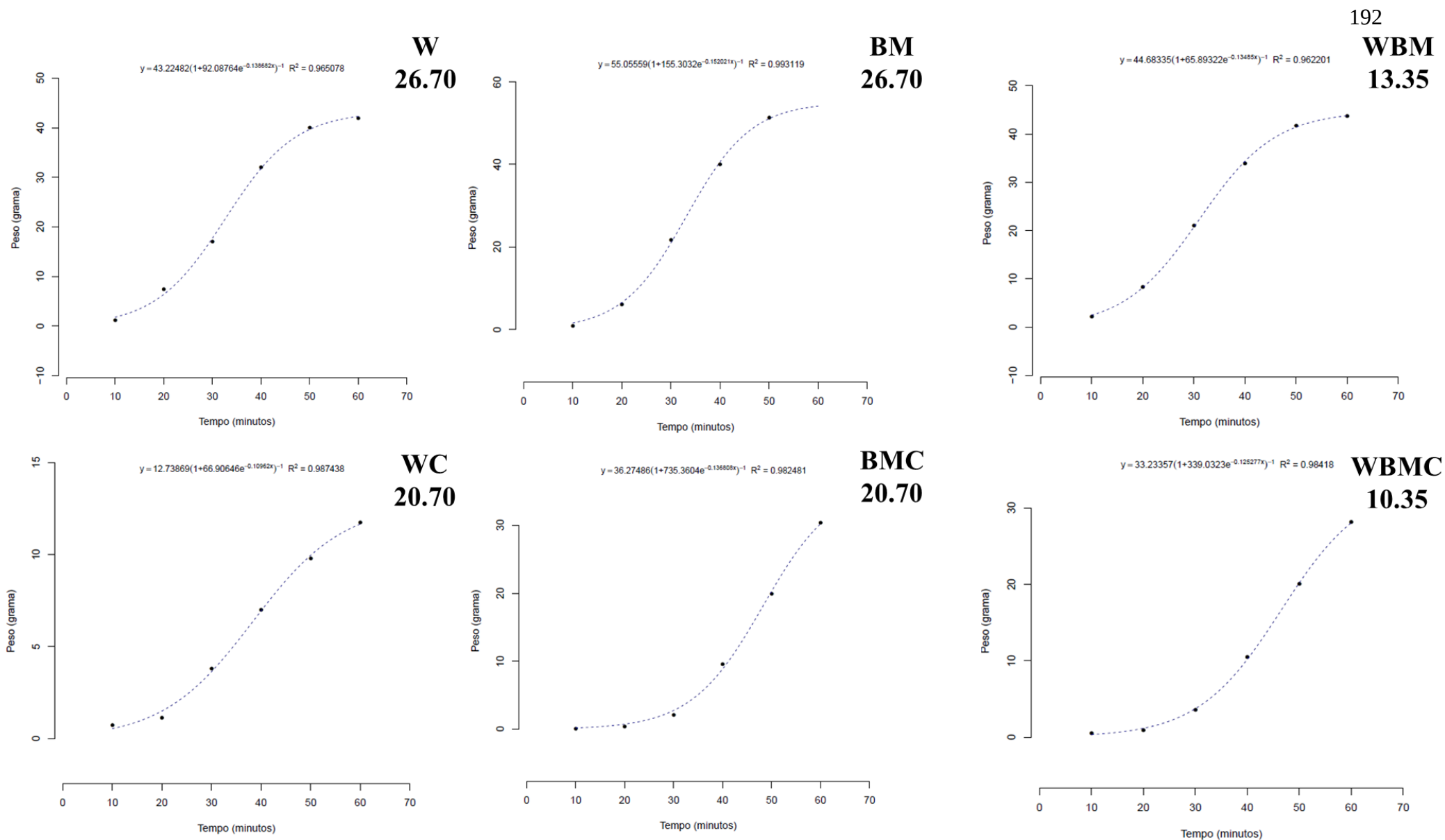


FIGURA 7 - Teste de velocidade de derretimento dos sorvetes funcionais probióticos

W26.70: 62.30% leite/creme e 26.70% de soro; **BM26.70:** 62.30% de leite/creme e 26.70% de leiteinho; **WBM13.35:** 62.30% de leite/creme, 13.35% de soro e 13.35% de leiteinho; **WC20.70:** 48.30% de leite/creme, 20.70% de soro e 20% de polpa de cagaita; **BMC20.70:** 48.30% de leite/creme, 20.70% de leiteinho e 20% de polpa de cagaita; **WBMC10.35:** 48.30% de leite/creme, 10.35% de soro, 10.35% de leiteinho e 20% de polpa de cagaita.

As formulações com adição de polpa de cagaita apresentaram menor velocidade de derretimento como observado através da Figura 8.

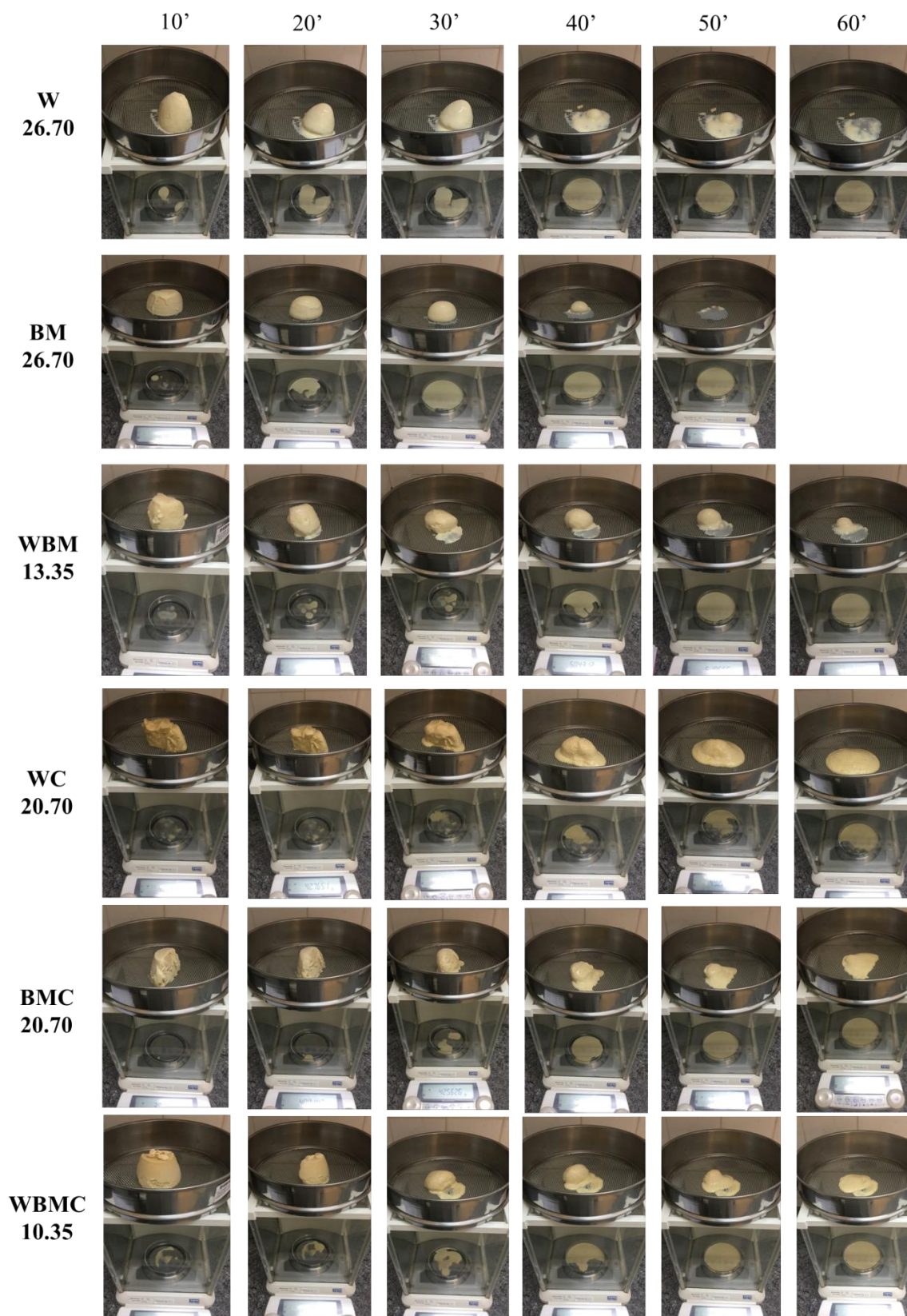


FIGURA 8 - Comparação entre os comportamentos das amostras de sorvetes funcionais probióticos sem adição de polpa de cagaita e com adição de polpa de cagaita, a cada 10 minutos, no teste de velocidade de derretimento durante 60 minutos.

W26.70: 62.30% leite/creme e 26.70% de soro; **BM26.70:** 62.30% de leite/creme e 26.70% de leiteiro; **WBM13.35:** 62.30% de leite/creme, 13.35% de soro e 13.35% de leiteiro; **WC20.70:** 48.30% de leite/creme, 20.70% de soro e 20% de polpa de cagaita; **BMC20.70:** 48.30% de leite/creme, 20.70% de leiteiro e 20% de polpa de cagaita; **WBMC10.35:** 48.30% de leite/creme, 10.35% de soro, 10.35% de leiteiro e 20% de polpa de cagaita.

Os sorvetes com polpa de cagaita, são sorvetes com menor teor de gordura (Tabela 4) e menor valor de *overrun* (Tabela 6). Corroborando para o que foi observado neste trabalho, em que o teor de lipídeos, o valor da taxa de incorporação de ar e a velocidade de derretimento são diretamente proporcionais.

Ao comparar as formulações sem polpa de cagaita, podemos observar que o sorvete W26.70 apresenta menor velocidade de derretimento que o sorvete BM26.70 e ambos, quando comparados com o sorvete WBM13.35, considerada uma formulação intermediária, apresentam maior velocidade de derretimento. De forma que, os coprodutos utilizados isoladamente, apresentam velocidade de derretimento mais elevada do que quando utilizados em conjunto (Figura 9).

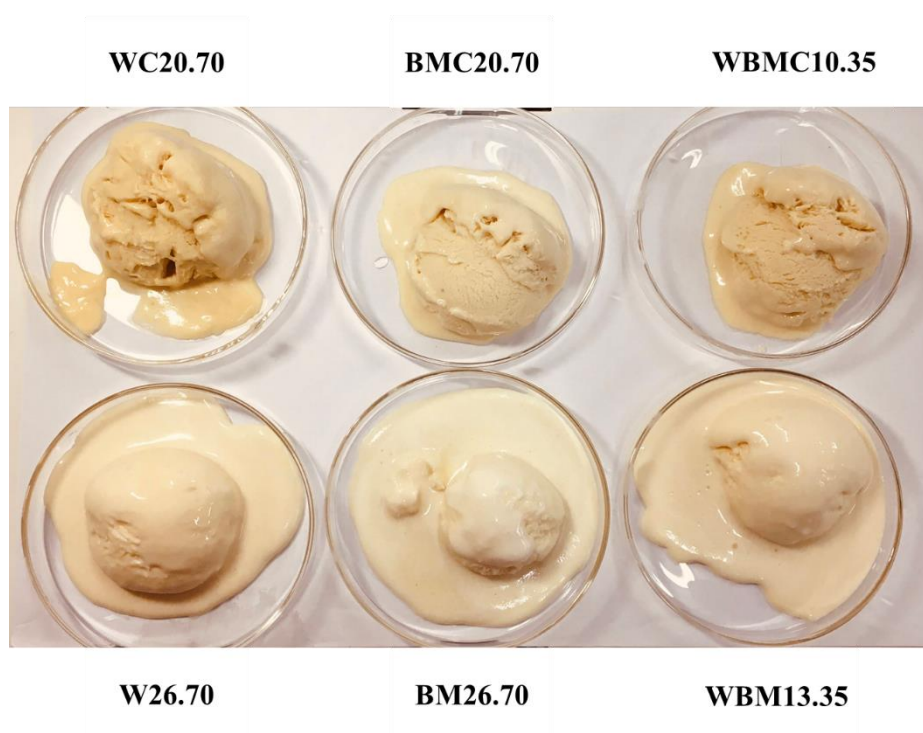


FIGURA 9 – Aparência e comparação visual dos sorvetes funcionais probióticos, após 20 minutos em temperatura ambiente.

W26.70: 62.30% leite/creme e 26.70% de soro; **BM26.70:** 62.30% de leite/creme e 26.70% de leiteiro; **WBM13.35:** 62.30% de leite/creme, 13.35% de soro e 13.35% de leiteiro; **WC20.70:** 48.30% de leite/creme, 20.70% de soro e 20% de polpa de cagaita; **BMC20.70:** 48.30% de leite/creme, 20.70% de leiteiro e 20% de polpa de cagaita; **WBM10.35:** 48.30% de leite/creme, 10.35% de soro, 10.35% de leiteiro e 20% de polpa de cagaita.

Isso pode ser associado pela interação nos aspectos tecnológicos do soro-leitelho-polpa de cagaita. Possivelmente o aumento no teor de umidade dos sorvetes por influência da polpa de cagaita alinhado com a capacidade de ligação água-gordura promovida pelo leiteiro, proporcionou um maior aprisionamento de água pela matriz.

Concomitantemente, uma maior estabilidade da estrutura foi promovida pela presença de β -lactoglobulina do soro. Assim, pelos resultados, é possível inferir a sinergia entre as propriedades tecnológicas desempenhadas pelo uso do soro em pó e do leite em pó em sorvetes, contribuem para uma menor velocidade de derretimento.

3.2.3. Coordenadas colorimétricas dos sorvetes funcionais probióticos

A cor de um alimento é influenciada pelos ingredientes que o compõe. Assim, na Tabela 8 é apresentada a coloração dos ingredientes utilizados para a fabricação dos sorvetes funcionais probióticos.

TABELA 8 - Características colorimétricas da matéria-prima utilizada na fabricação dos sorvetes funcionais probióticos (média $\pm$ desvio padrão, n=3)

Matéria-prima	L*	+a*	+b*	Chroma	Hue°
Leite	82.57 $\pm$ 0.12 ^c	-1.53 $\pm$ 0.06 ^e	7.33 $\pm$ 0.06 ^d	7.49 $\pm$ 0.05 ^d	78.19 $\pm$ 0.48 ^e
Creme	83.97 $\pm$ 0.06 ^b	0.09 $\pm$ 0.01 ^c	9.60 $\pm$ 0.00 ^c	9.60 $\pm$ 0.00 ^c	89.42 $\pm$ 0.03 ^a
Soro	90.73 $\pm$ 0.06 ^a	0.40 $\pm$ 0.01 ^b	17.33 $\pm$ 0.06 ^b	17.13 $\pm$ 0.06 ^b	88.65 $\pm$ 0.05 ^b
Leitelho	90.97 $\pm$ 0.06 ^a	-0.60 $\pm$ 0.01 ^d	16.70 $\pm$ 0.52 ^b	16.71 $\pm$ 0.52 ^b	87.93 $\pm$ 0.02 ^c
Polpa de cagaita	53.30 $\pm$ 0.26 ^d	2.67 $\pm$ 0.06 ^a	32.17 $\pm$ 0.32 ^a	32.28 $\pm$ 0.33 ^a	85.26 $\pm$ 0.05 ^d

L* = Luminosidade, L = 0 (preto) e L=100 (branco); a*= dimensão verde a vermelho, (-a*) = verde e (+a*) = vermelho; b*= dimensão azul a amarelo, (-b*) = azul e (+b*) = amarelo.

A luminosidade, como já discutida no Capítulo 2, é expressa pela coordenada L* que varia de 0 a 100, sendo o 0-preto e 100-branco total¹⁷. O parâmetro a* está relacionado com a intensidade das cores verde (-a*) e vermelho (+a*) e o parâmetro b* está relacionado com as cores amarela (+b*) e azul (-b*). Sendo que o valor de Chroma e o ângulo Hue estão relacionados com os valores de a* e b*.

Assim, é possível verificar a alta correlação dos ingredientes lácteos com a luminosidade, sendo que o soro em pó e o leite em pó foram os que apresentaram maior luminosidade, provavelmente devido às suas características físicas. Em relação ao parâmetro a*, b* e Chroma, relacionada com a intensidade da cor, a polpa de cagaita destacou-se dos demais ingredientes apresentando maior tendência para a coloração vermelha (a= +2.67 $\pm$ 0.06), para a cor amarela (b=+32.17 $\pm$ 0.32) e maior intensidade de cor. Isso ocorreu provavelmente em virtude de pigmentos naturais na sua composição, principalmente os carotenoides caracterizados pela coloração vermelha, amarela e laranja, os flavonoides que também expressam a cor amarela⁴⁹.

Em relação ao ângulo Hue, todos os ingredientes apresentaram valores próximos a 90 °, que representa a coloração amarela.

As características colorimétricas dos sorvetes funcionais probióticos estão apresentados na Tabela 9.

TABELA 9 - Colorimetria das diferentes formulações de sorvetes funcionais probióticos (médias $\pm$ desvio padrão, n=3)

Form. ¹	Leite/ Creme (%)	Soro (%)	Leitelho (%)	Polpa de cagaita (%)	L*	-a*	+b*	Chroma	Hue°
W26.70	62.30	26.70	0.00	0.00	78.53 $\pm$ 0.64 ^a	0.73 $\pm$ 0.14 ^b	18.80 $\pm$ 0.21 ^a	18.81 $\pm$ 0.16 ^b	87.76 $\pm$ 0.37 ^b
BM26.70	62.30	0.00	26.70	0.00	72.30 $\pm$ 0.26 ^f	0.17 $\pm$ 0.06 ^a	13.03 $\pm$ 0.30 ^d	13.08 $\pm$ 0.20 ^d	84.88 $\pm$ 0.28 ^d
WBM13.35	62.30	13.35	13.35	0.00	77.33 $\pm$ 0.01 ^b	0.17 $\pm$ 0.15 ^c	16.07 $\pm$ 0.45 ^c	16.07 $\pm$ 0.29 ^c	89.41 $\pm$ 0.20 ^a
WC20.70	48.30	20.70	0.00	20.00	75.83 $\pm$ 0.64 ^c	1.13 $\pm$ 0.05 ^a	20.37 $\pm$ 0.25 ^a	20.39 $\pm$ 0.25 ^a	86.81 $\pm$ 0.16 ^c
BMC20.70	48.30	0.00	20.70	20.00	75.20 $\pm$ 0.20 ^d	0.17 $\pm$ 0.11 ^c	16.27 $\pm$ 0.20 ^c	16.27 $\pm$ 0.47 ^c	89.41 $\pm$ 0.42 ^a
WBMC10.35	48.30	10.35	10.35	20.00	73.80 $\pm$ 0.00 ^e	0.73 $\pm$ 0.11 ^b	16.50 $\pm$ 0.14 ^c	16.52 $\pm$ 0.09 ^c	87.45 $\pm$ 0.41 ^b

As médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste Scott-Knott.

¹Todas as formulações continham 10% de açúcar cristal e 1% de emulsificante.

L* = Luminosidade, L = 0 (preto) e L=100 (branco); a*= dimensão verde a vermelho, (-a*) = verde e (+a*) = vermelho; b*= dimensão azul a amarelo, (-b*) = azul e (+b*) = amarelo.

Os valores de L* dos sorvetes funcionais probióticos variaram de 73.80 a 78.53, inferindo que as amostras possuíam tonalidades próximas ao branco. A tendência para a cor branca dos sorvetes, está relacionada com as micelas de caseína e glóbulos de gordura que propiciam que esse pigmento seja predominante no leite e no creme⁴⁰.

Sendo que, o maior valor de luminosidade foi da amostra com maior teor de leite/creme e soro (W26.70), e estes ingredientes apresentam alto valor de L* (Tabela 9). As amostras com leitelho, apesar desse ingrediente apresentar separadamente alto valor de L*, apresentaram valores menores ao interagirem com os demais ingredientes, sobressaindo sua maior relação com o parâmetro b*.

Com relação ao parâmetro a* que está relacionado com a intensidade das cores verde (-a*) e vermelho (+a*), foi possível observar que todas as amostras possuíam uma maior tendência para a cor verde.

Todas as amostras de sorvetes funcionais probióticos apresentaram maior tendência para intensidade de cor amarela (+b*) do que para a cor azul (-b*), especialmente as formulações com adição de polpa de cagaita (Figura 10). Corroborando para o que já foi discutido no Capítulo 2 e visualmente já é observado, visto os ingredientes utilizados são propensos a terem coloração branca e/ou amarelada (Tabela 9), em virtude da presença dos glóbulos de gordura e micelas de caseína que favorecem a visualização da cor branca; da presença de β -caroteno no creme e riboflavina no soro,

que conferem a esses ingredientes a coloração amarelada⁴⁰ e de carotenoides e compostos fenólicos que favorecem a pigmentação amarela^{17,49}.

As formulações que apresentaram maior valor de b^* , ou seja, maior intensidade da cor amarela, foram as produzidas com polpa de cagaita e maior concentração de soro em pó (WC20.70 e W26.70) sendo que ambos os ingredientes, seguidos do leite em pó tem um maior valor de $+b^*$.

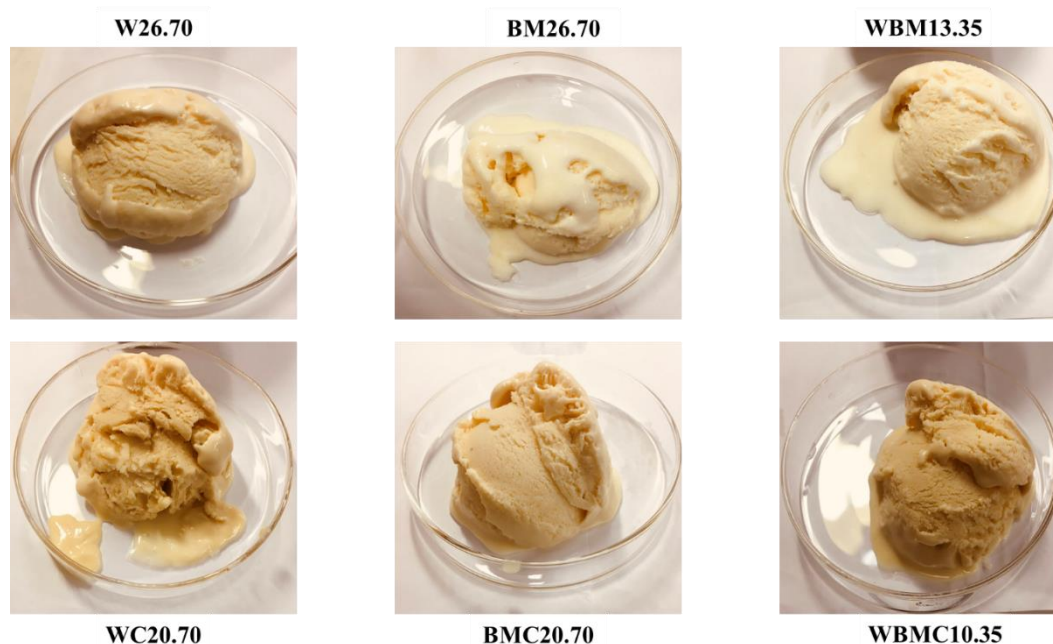


FIGURA 10 - Comparação visual do parâmetro de cor dos sorvetes funcionais probióticos

W26.70: 62.30% leite/creme e 26.70% de soro; **BM26.70:** 62.30% de leite/creme e 26.70% de leite; **WBM13.35:** 62.30% de leite/creme, 13.35% de soro e 13.35% de leite; **WC20.70:** 48.30% de leite/creme, 20.70% de soro e 20% de polpa de cagaita; **BMC20.70:** 48.30% de leite/creme, 20.70% de leite e 20% de polpa de cagaita; **WBM10.35:** 48.30% de leite/creme, 10.35% de soro, 10.35% de leite e 20% de polpa de cagaita.

Considerando o atributo quantitativo para intensidade de cor (Chroma), que indica coloração mais opaca ou mais vívida^{49,17}, os sorvetes com maior intensidade de cor foram os que apresentaram maior valor do parâmetro b^* (WC20.70 e W26.70). O valor de Chroma das amostras variou de 13.08 a 20.39, e está diretamente relacionado aos valores de a^* e b^* . No entanto, em virtude das amostras apresentarem baixa representatividade em relação ao parâmetro a^* , o valor de b^* teve maior influência sobre o atributo Chroma para os sorvetes desenvolvidos.

Em relação ao atributo qualitativo de cor (Hue°), que varia entre 0 e 360°, sendo 0° – vermelho, 90° – amarelo, 180° – verde e 270° – azul⁴⁹, os sorvetes funcionais apresentaram coloração próximo ao amarelo, variando entre 84.88° e 89.41°.

3.3. Análise Sensorial Descritiva Quantitativa

Os provadores recrutados, após passar pelas seleções e treinamentos já explicitados, analisaram as amostras de sorvetes funcionais probióticos com e sem adição de polpa de cagaita. A partir da ficha de análise descritiva, não estrutura de 9 cm (Anexo III), com as médias dos provadores para cada atributo de cada formulação (Tabela 10) foi possível gerar o gráfico radar.

TABELA 10 - Médias das notas dos provadores para cada parâmetro avaliado dos sorvetes funcionais probióticos

Parâmetros	WBMC10.35	WBM13.35	BMC20.70	BM26.70	WC20.70	W26.70
Cor amarela	4,34	1,62	4,73	1,62	6,49	1,28
Cor branca	1,21	3,06	1,36	3,81	0,44	4,11
Aroma cítrico	2,04	0,61	1,41	0,39	2,67	0,38
Aroma doce	3,94	2,50	2,79	4,09	2,09	2,91
Textura aguada	1,36	2,78	1,53	3,28	0,94	2,55
Textura cremosa	4,74	3,61	4,95	2,59	4,86	3,13
Textura densa	4,53	4,02	4,71	2,96	4,59	3,43
Textura espumada	2,89	3,62	4,81	1,54	3,75	2,91
Textura arenosa	2,09	1,64	2,15	1,24	5,77	1,29
Sabor azedo	1,20	0,34	1,62	0,28	2,87	0,87
Sabor amanteigado	4,37	4,66	3,36	4,23	3,96	4,25
Sabor amargo	0,25	0,18	0,53	0,26	0,48	0,14
Sabor de ranço	0,95	0,74	1,15	0,81	0,79	1,89
Sabor doce	3,91	5,66	3,99	5,56	3,38	5,09

Os parâmetros avaliados de cor, aroma, textura e sabor foram divididos em três gráficos para permitir uma visualização mais adequada da descrição dos sorvetes probióticos.

A intensidade média dos atributos sensoriais para cada amostra é marcada em seu respectivo eixo, sendo que o centro do gráfico representa o valor 0 de intensidade.

A Figura 11 mostra a intensidade dos atributos de cor e aroma a partir da análise sensorial descritiva dos sorvetes funcionais probióticos com e sem adição de polpa de cagaita.

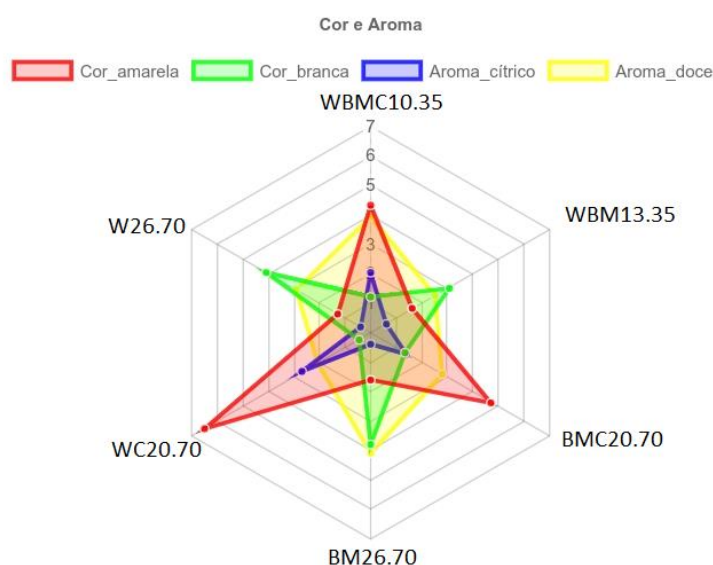


FIGURA 11 - Gráfico radar de intensidade dos atributos de cor e aroma a partir da análise sensorial descritiva dos sorvetes funcionais probióticos com e sem adição de polpa de cagaita (*Eugenia dysenterica*).

W26.70: 62.30% leite/creme e 26.70% de soro; **BM26.70:** 62.30% de leite/creme e 26.70% de leiteiro; **WBM13.35:** 62.30% de leite/creme, 13.35% de soro e 13.35% de leiteiro; **WC20.70:** 48.30% de leite/creme, 20.70% de soro e 20% de polpa de cagaita; **BMC20.70:** 48.30% de leite/creme, 20.70% de leiteiro e 20% de polpa de cagaita; **WBM10.35:** 48.30% de leite/creme, 10.35% de soro, 10.35% de leiteiro e 20% de polpa de cagaita.

A partir desse gráfico é possível observar que as formulações com 20% de polpa de cagaita (WC20.70, BMC20.70 e WBMC10.35) apresentaram cor amarela e aroma cítrico mais intensos do que as amostras sem polpa de cagaita. A cor amarela da polpa de cagaita se relaciona com a presença de carotenoides e compostos fenólicos⁵⁰ como já discutido anteriormente. Os resultados obtidos a partir da análise sensorial descritiva com provadores treinados, corroboram para o que foi observado na análise instrumental de cor tanto da matéria-prima (Tabela 9) quanto das formulações (Tabela 10). A polpa de cagaita apresentou maior valor relacionado ao parâmetro b^* interferindo diretamente na coloração dos sorvetes com adição dessa polpa. Sendo visualmente observado pelos provadores.

O aroma cítrico da polpa de cagaita está diretamente relacionado com o seu baixo valor de pH e a sua maior acidez decorrentes da presença de ácidos orgânicos, especialmente o ácido gálico e o ácido ascórbico que estão presentes em quantidades altas nesse tipo de fruta^{7,8,51}. Assim, as formulações com adição de cagaita, apresentaram maior intensidade em relação ao aroma cítrico.

As formulações sem adição de polpa de cagaita, apresentaram maior intensidade relacionada à cor branca (Figura 10), coincidindo com os resultados obtidos na análise instrumental de cor para essas amostras. Estão diretamente relacionadas com a tendência para cor branca em virtude da presença de micelas de caseína e glóbulos de gordura que propiciam que esse pigmento seja predominante⁴⁰.

O aroma doce identificado em todas as amostras de forma similar, pode ser relacionado com o teor de açúcar e o alto teor de lactose desses produtos, bem como componentes da membrana do glóbulo de gordura de leite que contribuem através de seus compostos lipossolúveis para o aroma mais adocicado, mais relacionado ao creme⁴⁰.

A partir da Figura 12 é possível verificar a intensidade dos descritores levantados pela equipe de provadores para o atributo de sabor dos sorvetes funcionais probióticos.

Os sorvetes com 20% de polpa de cagaita, apresentaram tendência e maior intensidade para o sabor azedo, relacionado com a característica cítrica da fruta.

Em relação ao sabor amanteigado e doce, as amostras apresentaram intensidade semelhante para esses parâmetros, sendo diretamente influenciados pela concentração e presença de leite, creme, soro e leiteiro em suas composições.

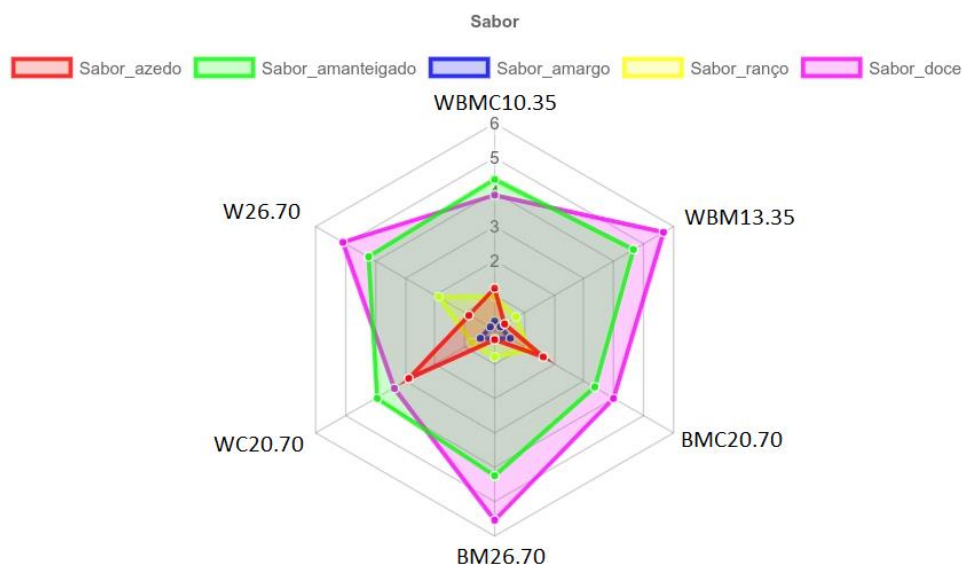


FIGURA 12 - Gráfico radar de intensidade do atributo de sabor a partir da análise sensorial descritiva dos sorvetes funcionais probióticos com e sem adição de polpa de cagaita (*Eugenia dysenterica*).

W26.70: 62.30% leite/creme e 26.70% de soro; **BM26.70:** 62.30% de leite/creme e 26.70% de leiteinho; **WBM13.35:** 62.30% de leite/creme, 13.35% de soro e 13.35% de leiteinho; **WC20.70:** 48.30% de leite/creme, 20.70% de soro e 20% de polpa de cagaita; **BMC20.70:** 48.30% de leite/creme, 20.70% de leiteinho e 20% de polpa de cagaita; **WBM10.35:** 48.30% de leite/creme, 10.35% de soro, 10.35% de leiteinho e 20% de polpa de cagaita.

O sabor amanteigado provavelmente está relacionado, com a presença de creme e leiteinho, por apresentarem maior teor de lipídeos e fosfolipídeos em sua composição. E o sabor doce está relacionado com a maior concentração de lactose e gordura nesses sorvetes, convergindo para o observado em relação ao aroma (Figura 11) dessas amostras.

O sabor amargo e o sabor de ranço nos sorvetes são relacionados à vida útil do produto, associado com o maior teor de proteólise e lipólise⁵², respectivamente. No entanto, para as amostras avaliadas, as intensidades desses sabores não foram expressivas, mesmo o sorvete W26.70 apresentando sabor de ranço um pouco mais intenso do que as demais amostras.

Em relação à textura dos sorvetes funcionais probióticos (Figura 13), as amostras apresentaram uma alta intensidade para textura cremosa e densa, sendo relacionadas com a presença de leite/creme e também dos coprodutos soro e leiteinho, que atuam melhorando a textura dos produtos em virtude da presença de proteínas e fosfolipídeos.

Provavelmente, a textura aguada foi mais intensa nos sorvetes sem adição de polpa de cagaita (W26.70, BM26.70 e WBM13.35) em virtude do que foi possível observar durante o teste de velocidade de derretimento das amostras, em que os sorvetes com polpa de cagaita, apresentaram uma estrutura mais firme e estável. E quando essas

amostras foram comparadas pelos provadores, as sem adição de polpa se apresentaram mais líquidas e derretidas influenciando a maior intensidade da textura aguada dessas amostras.

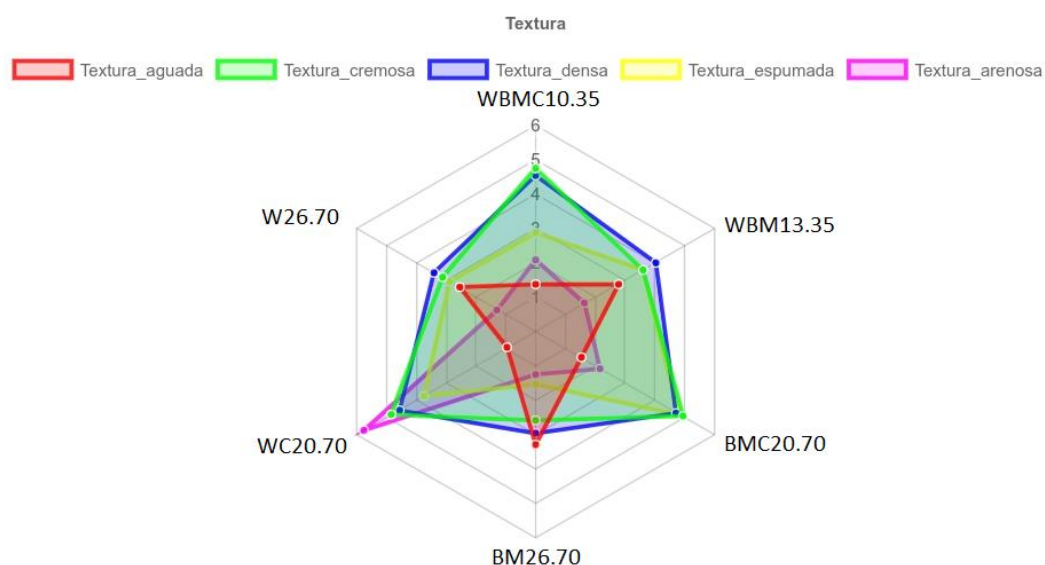


FIGURA 13 - Gráfico radar de intensidade do atributo de textura a partir da análise sensorial descritiva dos sorvetes funcionais probióticos com e sem adição de polpa de cagaita (*Eugenia dysenterica*)

W26.70: 62.30% leite/creme e 26.70% de soro; **BM26.70:** 62.30% de leite/creme e 26.70% de leite; **WBM13.35:** 62.30% de leite/creme, 13.35% de soro e 13.35% de leite; **WC20.70:** 48.30% de leite/creme, 20.70% de soro e 20% de polpa de cagaita; **BMC20.70:** 48.30% de leite/creme, 20.70% de leite e 20% de polpa de cagaita; **WBMC10.35:** 48.30% de leite/creme, 10.35% de soro, 10.35% de leite e 20% de polpa de cagaita.

Em relação à textura espumada, os sorvetes apresentaram baixa intensidade para este parâmetro, com média variando de 2 a 4. E para textura arenosa, o sorvete com alta intensidade deste parâmetro foi o WC20.70, fabricado com alta concentração de soro em pó (20.70%) e 20% de polpa de cagaita, sendo que as demais amostras apresentaram baixa intensidade para esse atributo. Essa relação provavelmente foi estabelecida em virtude das características do comportamento da lactose presente no soro em pó.

O soro em pó, dentre os ingredientes utilizados, apresenta maior concentração de lactose em sua composição (Tabela 2) e correlação positiva com esse componente (Tabela 5). E sabe-se que o soro em pó é altamente higroscópico em virtude da alta concentração de lactose e assim, tem tendência acentuada em formar grumos e endurecer em um ambiente mais úmido⁵³. A amostra WC20.70, apresenta alto teor de umidade e alto teor de lactose (Tabela 4), de forma que a mistura de um produto altamente higroscópico como o soro em pó e um ingrediente com alto teor de umidade como a polpa

de cagaita propiciou o agrupamento das partículas do soro em pó, resultando na percepção mais intensa da textura arenosa nesse sorvete. Essa provável interação é mais acentuada ao comparar o sorvete WC20.70 com o W26.70, que apresenta alta concentração de soro em sua composição, mas não apresenta polpa de cagaita e obteve notas próximas a zero de intensidade em relação à textura arenosa.

3.4. Caracterização microbiológica

A caracterização microbiológica dos sorvetes funcionais na primeira semana após a sua fabricação, estão apresentados na Tabela 11.

TABELA 11 - Caracterização microbiológica dos sorvetes funcionais probióticos (n=2)

Formulações	Análises microbiológicas		
	Pesquisa de <i>Salmonella</i> spp. (UFC/ mL em 25g)	Contagem de <i>Staphylococcus</i> coagulase positiva (UFC/ mL)	Contagem de Enterobacteriaceae (UFC/ mL)
W26.70	Ausência	<100	<10
BM26.70	Ausência	<100	<10
WBM13.35	Ausência	<100	<10
WC20.70	Ausência	<100	<10
BMC20.70	Ausência	<100	<10
WBMC10.35	Ausência	<100	<10
Referência¹	Ausência	<100	<10

¹Instrução Normativa nº 60, de 23 de dezembro de 2019.

W26.70: 62.30% leite/creme e 26.70% de soro; **BM26.70:** 62.30% de leite/creme e 26.70% de leite; **WBM13.35:** 62.30% de leite/creme, 13.35% de soro e 13.35% de leite; **WC20.70:** 48.30% de leite/creme, 20.70% de soro e 20% de polpa de cagaita; **BMC20.70:** 48.30% de leite/creme, 20.70% de leite e 20% de polpa de cagaita; **WBMC10.35:** 48.30% de leite/creme, 10.35% de soro, 10.35% de leite e 20% de polpa de cagaita.

Todos os sorvetes funcionais apresentaram padrão microbiológico dentro do estabelecido pela legislação vigente para gelados comestíveis³⁰, evidenciando que todas as medidas de garantia da segurança microbiológica tanto no processo de fabricação quanto no armazenamento foram eficazes, sendo consideradas seguras e aptas para o consumo.

A fim de comparar as condições de crescimento da cultura de *Lactobacillus acidophilus* dos sorvetes, as amostras foram incubadas em anaerobiose, em aerobiose e microaerofilia. Posteriormente, foram comparadas por meio de três repetições (Tabela 12).

TABELA 12 - Comparação das diferentes condições de crescimento da cultura probiótica de *Lactobacillus acidophilus* (médias, n=6)

Contagem de cultura probiótica de <i>Lactobacillus acidophilus</i> em diferentes condições de crescimento (Log ₁₀ UFC/g)			
Formulações	Aerobiose	Anaerobiose	Microaerofilia
W26.70	8.50 ±0.09	8.78±0.00	8.89±0.03
BM26.70	8.59±0.00	8.60±0.06	8.62±0.05
WBM13.35	8.51±0.05	8.54±0.16	8.59±0.04
WC20.70	8.39±0.01	8.40±0.12	8.43±0.01
BMC20.70	8.29±0.09	8.71±0.05	8.30±0.00
WBMC10.35	8.36±0.06	8.37±0.20	8.38±0.05

W26.70: 62.30% leite/creme e 26.70% de soro; **BM26.70:** 62.30% de leite/creme e 26.70% de leiteiro; **WBM13.35:** 62.30% de leite/creme, 13.35% de soro e 13.35% de leiteiro; **WC20.70:** 48.30% de leite/creme, 20.70% de soro e 20% de polpa de cagaita; **BMC20.70:** 48.30% de leite/creme, 20.70% de leiteiro e 20% de polpa de cagaita; **WBMC10.35:** 48.30% de leite/creme, 10.35% de soro, 10.35% de leiteiro e 20% de polpa de cagaita.

Em virtude das diferentes condições de incubação das amostras não demonstrarem diferenças significativas em relação às contagens da cultura probiótica, seguiu-se a metodologia descrita no American Public Health Association²², que preconiza a utilização da microaerofilia para determinar o crescimento da cultura probiótica *Lactobacillus acidophilus* nos sorvetes.

Assim, a viabilidade da cultura probiótica durante 110 dias após a fabricação dos sorvetes é apresentada na Tabela 13.

TABELA 13 - Avaliação da viabilidade da cultura probiótica *Lactobacillus acidophilus* (Log₁₀ UFC/g) em sorvetes funcionais probióticos, ao longo de 110 dias de armazenamento (médias, n=2)

Formulações	Contagem de bactérias probióticas <i>Lactobacillus acidophilus</i> (Log ₁₀ UFC/g)			
	Dia 1	Dia 55	Dia 110	Redução (Ciclos log)
W26.70	8.43±0.13	8.20±0.06	8.04±0.09	0.39
BM26.70	8.47±0.03	8.49±0.03	8.28±0.04	0.19
WBM13.35	8.64±0.09	8.25±0.05	7.81±0.08	0.84
WC20.70	8.47±0.04	8.32±0.11	8.05±0.07	0.43
BMC20.70	8.66±0.03	8.28±0.05	8.10±0.12	0.56
WBMC10.35	8.49±0.08	8.16±0.11	7.98±0.09	0.50

W26.70: 62.30% leite/creme e 26.70% de soro; **BM26.70:** 62.30% de leite/creme e 26.70% de leiteiro; **WBM13.35:** 62.30% de leite/creme, 13.35% de soro e 13.35% de leiteiro; **WC20.70:** 48.30% de leite/creme, 20.70% de soro e 20% de polpa de cagaita; **BMC20.70:** 48.30% de leite/creme, 20.70% de leiteiro e 20% de polpa de cagaita; **WBMC10.35:** 48.30% de leite/creme, 10.35% de soro, 10.35% de leiteiro e 20% de polpa de cagaita.

Foi possível observar que todas as formulações de sorvetes apresentaram contagens da cultura de *Lactobacillus acidophilus*, no dia 1 e no dia 55, dentro do usualmente estabelecido para definição de produto probiótico ($8 \text{ Log}_{10} - 11 \text{ Log}_{10}$)^{54,55}.

Atualmente, conforme RDC nº 241, de 26 de julho de 2018⁵⁶, para que o alimento seja considerado probiótico, é necessário que seja comprovado, por meio de estudos científicos ou documentos técnicos, a segurança e os benefícios do uso de probióticos em alimentos, não sendo especificado, uma concentração mínima na recomendação diária do produto para consumo. No entanto, estudos envolvendo meta-análise como desenvolvido por Ouwehand⁵⁵ demonstra que há um consenso mundial sobre a concentração mínima de bactérias viáveis para que o alimento seja considerado probiótico, e deve ser no mínimo de 8 Log_{10} . Assim, todos os sorvetes produzidos são classificados como probióticos durante os 55 dias após fabricação. Sendo, apenas os sorvetes WBM13.35 e WBM10.35, deixam de ser alimentos probióticos com 110 dias após a fabricação.

É possível observar que os sorvetes apresentaram contagens semelhantes de *Lactobacillus acidophilus* ao longo de 110 dias de fabricação. E que houve redução de ciclo logarítmico de no máximo 0.84, sendo válido ressaltar que os sorvetes apresentam grande estabilidade para carrear cepas probióticas durante o período avaliado.

Valores similares aos encontrados neste trabalho foram observados na pesquisa desenvolvida por Sousa³⁴ para sorvetes simbióticos de graviola, com cepa de *Lactobacillus acidophilus*, que apresentou inicialmente valores de 8.34 a 8.45 Log_{10} para os sorvetes desenvolvidos. No dia 56, apresentou valores entre 8.13 a 8.26 Log_{10} e com 112 dias pós fabricação dos sorvetes, as formulações apresentaram uma redução para valores entre 7.88 a 8.12 Log_{10} , apresentando contagens e comportamento de viabilidade da cultura probiótica de *Lactobacillus acidophilus* similar aos sorvetes funcionais probióticos deste trabalho.

Contagens inferiores, variando de 7.01 a 7.42 foram encontrados no dia 1 para sorvetes probióticos enriquecidos com fibras dietéticas desenvolvidos por Akalın et al.⁵⁷, sendo que o sorvete controle apresentou maior contagem de *L. acidophilus* e foi relacionado com o seu menor valor de *overrun*.

Alguns trabalhos relacionam a viabilidade da cultura probiótica com o valor de *overrun* dos sorvetes⁵⁷⁻⁶⁰, visto que no caso da cepa de *L. acidophilus*, que é um micro-

organismo microaerófilo e não possui capacidade de sintetizar ATP por via respiratória, tem um sistema de consumo de oxigênio limitado. Consequentemente, ocorre a formação de peróxido de hidrogênio e metabólitos tóxicos de oxigênio que interferem na viabilidade de algumas cepas probióticas⁶⁰. Além disso, de acordo com Cruz et al.⁵⁹ e Mohammadi et al.⁶⁰ durante o processamento dos sorvetes e, especialmente, durante a etapa de batimento e congelamento em que ocorre a incorporação de ar, poderá ocorrer a redução de até 1 log UFC/g da cultura probiótica do produto.

No entanto, nos sorvetes desenvolvidos neste trabalho, não foi observada essa relação. Sendo válido ressaltar, que os sorvetes foram produzidos por método de batelada e não por método contínuo, assim a taxa de incorporação de ar é menos eficiente. Os sorvetes com maior *overrun* (BM26.70 e W26.70) apresentaram taxas de incorporação de ar similares com os demais e inclusive, valores superiores aos dos sorvetes WBM13.35 e WBMC10.35 com 110 dias após a fabricação.

4. CONCLUSÃO

Os sorvetes funcionais probióticos com e sem adição de polpa de cagaita apresentaram grande estabilidade para carrear cultura probiótica de *Lactobacillus acidophilus* durante 55 dias após fabricação. O *overrun* dos sorvetes fabricados não interferiu na viabilidade da cultura probiótica.

Todos os sorvetes fabricados foram classificados em sorvetes padrão a *premium* em relação ao teor de lipídeos. A formulação com maior concentração de leiteiro e sem adição de polpa apresentou maiores teores de proteína e maior velocidade de derretimento. As formulações com adição de polpa de cagaita apresentaram maior valor de umidade, menor valor de pH, maior acidez e menor velocidade de derretimento.

Os sorvetes com adição de polpa de cagaita apresentaram, quanto à análise descritiva quantitativa, maior intensidade da cor amarela e maior intensidade do aroma cítrico. A formulação com maior concentração de soro e adição de polpa de cagaita apresentou maior intensidade para o atributo de textura arenosa. Todas as formulações foram caracterizadas pela maior intensidade de textura cremosa e densa e sabor doce e amanteigado.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Wunsch N-G. Health food market size 2016-2021 [Internet]. Statista. 2020 [cited 2021 Aug 30]. Available from: <https://www.statista.com/statistics/502267/global-health-and-wellness-food-market-value/>
2. De Chiara M. Venda de alimento saudável bate R\$ 100 bilhões em 2020, em meio à pandemia [Internet]. CNN Brasil Business. 2021 [cited 2021 Aug 30]. Available from: <https://www.cnnbrasil.com.br/business/com-pandemia-venda-de-alimento-saudavel-bate-r-100-bi/>
3. Zhao W, Liu Y, Kwok LY, Cai T, Zhang W. The immune regulatory role of *Lactobacillus acidophilus*: An updated meta-analysis of randomized controlled trials. *Food Biosci*. 2020 Aug 1;36:100656.
4. Liu J, Zhang D, Guo Y, Cai H, Liu K, He Y, et al. The Effect of *Lactobacillus* Consumption on Human Blood Pressure: a Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Complement Ther Med*. 2020 Nov 1;54:102547.
5. de Sousa ERB, Camilo YMV, Vera R. Cagaita—*Eugenia dysenterica*. *Exot Fruits*. 2018 Jan 1;77–83.
6. Schiassi MCEV, Souza VR de, Lago AMT, Campos LG, Queiroz F. Fruits from the Brazilian Cerrado region: Physico-chemical characterization, bioactive compounds, antioxidant activities, and sensory evaluation. *Food Chem* [Internet]. 2018 Apr 15 [cited 2021 Aug 30];245:305–11. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29287376/>
7. Oliveira MES, Pantoja L, Duarte WF, Collela CF, Valarelli LT, Schwan RF, et al. Fruit wine produced from cagaita (*Eugenia dysenterica* DC) by both free and immobilised yeast cell fermentation. *Food Res Int*. 2011 Aug 1;44(7):2391–400.
8. Pfrimer RT. Desenvolvimento e Avaliação de Bebida lácta fermentada acrescida de leiteiro e saborizada com polpa de cagaita (*Eugenia dysenterica*). [Goiânia]: Universidade Federal de Goiás; 2018.
9. Bastos CT da RM, Ladeira TMS, Rogez H, Pena R da S. Study of the efficiency of the pasteurization of pulp of tapereba (*Spondias mombin*)/Estudo da eficiencia da pasteurizacao da polpa de tapereba (*Spondias mombin*). *Aliment e Nutr (Brazilian J Food Nutr)*. 2008 Apr 1;19(2):123–32.
10. Goff H., Hartel R. *Ice Cream*. 7th ed. New York: Springer; 2013. 477 p.
11. Brasil. Resolução-RDC nº267, de 25 de setembro de 2003. Dispõe sobre o Regulamento Técnico de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Industrializadores de Gelados Comestíveis e a Lista de Verificação das Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Industrializadores de Gelados Comestíveis. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária 2003.
12. AOAC. *Official methods of analysis of AOAC International*. 18th ed. Association of Official Analysis Chemists International Gaithersburg, MD, USA. Gaithersburg, MD, USA.; 2005.
13. Bligh E, Dyer W. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can J*

- Biochem Physiol [Internet]. 1959 [cited 2021 Aug 22];37(8):911–7. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/13671378/>
14. Lane JH, Eynon L. Determination of Reducing Sugars by Fehling's Solution with Methylene Blue ... - J. Henry Lane, Lewis Eynon - Google Livros. N.Rodger; 1934. 8 p.
 15. Koxholt MMR, Eisenmann B, Hinrichs J. Effect of the Fat Globule Sizes on the Meltdown of Ice Cream. *J Dairy Sci*. 2001 Jan 1;84(1):31–7.
 16. R Development Core Team. Vienna, Austria: R DEVELOPMENT CORE TEAM R: a language and environment for statistical computing, reference index version 2.11.1. The R Foundation for Statistical Computing.; 2010.
 17. Pathare PB, Opara UL, Al-Said FA-J. Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. *Food Bioprocess Technol* 2012 61 [Internet]. 2012 May 11 [cited 2021 Aug 12];6(1):36–60. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11947-012-0867-9>
 18. Minolta K. Precise Color Communication Color Control from perception to instrumentation. 2007.
 19. Rodrigues Araújo E, Ramalho do Rêgo E, Jorge Lima da Costa Sapucay M, Monteiro do Rêgo M, Magno Cortez dos Santos R. Elaboração e análise sensorial de geleia de pimenta com abacaxi. *Rev Bras Prod Agroindustriais*. 2012;233–8.
 20. Meilgaard MC, Carr BT, Carr BT. Sensory Evaluation Techniques [Internet]. CRC Press; 2006 [cited 2020 Dec 3]. Available from: <https://www.taylorfrancis.com/books/9781420005561>
 21. Stone H, Sidel JL. Sensory Evaluation Practices: Third Edition. *Sens Eval Pract* Third Ed. 2004;1–374.
 22. APHA. American Public Health Association. 2nd ed. Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. Washington; 2015.
 23. ISO - ISO 6579:2002 - Microbiology of food and animal feeding stuffs — Horizontal method for the detection of *Salmonella* spp. [Internet]. 2002 [cited 2021 Aug 13]. p. 27. Available from: <https://www.iso.org/standard/29315.html>
 24. ISO - ISO 6888-1:1999/Amd 2:2018 - Microbiology of food and animal feeding stuffs — Horizontal method for the enumeration of coagulase-positive staphylococci (*Staphylococcus aureus* and other species) — Part 1: Technique using Baird-Parker agar medium — Amendment 2: Inclusion of an alternative confirmation test using RPFA stab method [Internet]. 2018 [cited 2021 Aug 13]. p. 5. Available from: <https://www.iso.org/standard/64947.html>
 25. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/Gabinete do Ministro. Instrução Normativa nº76 de 26 denovembro de 2018. Diário Oficial da União. Edição 230. Seção 1. p.9. [Internet]. Available from: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/52750137/do1-2018-11-30-instrucao-normativa-n-76-de-26-de-novembro-de-2018-52749894IN 76
 26. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 80, de 13 de agosto de 2020. Edição 157.

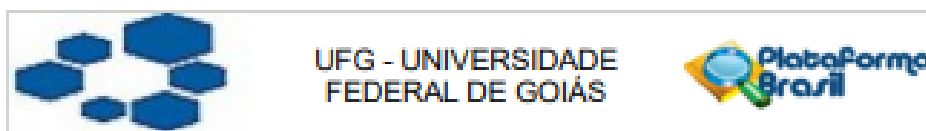
- Seção 1.p.2 [Internet]. Brasil; Available from: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/instrucao-normativa-n-80-de-13-de-agosto-de-2020-272509723>
27. Brasil. Portaria MAPA - 146, de 07/03/1996 | Defesa Agropecuária do Estado de São Paulo. Aprovar os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade dos Produtos Lácteos . [Internet]. 1996. Available from: <https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/legislacoes/portaria-mapa-146-de-07-03-1996,669.html>
 28. Fox PF, Uniacke-Lowe T, McSweeney PLH, O'Mahony JA. Dairy chemistry and biochemistry. 2015. 584 p.
 29. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 37, de 1º de outubro de 2018. Diário Oficial da União. Edição 194. Seção 1. p.23 [Internet]. Available from: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/44304943/do1-2018-10-08-instrucao-normativa-n-37-de-1-de-outubro-de-2018-44304612
 30. Brasil. Ministério da Saúde/Agência Nacional de Vigilância Sanitária/Diretoria Colegiada. Instrução Normativa nº 60 de 23 de dezembro de 2019. Diário Oficial da União. Edição 249. Seção .p.133 [Internet]. Available from: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-60-de-23-de-dezembro-de-2019-235332356>
 31. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/Gabinete do Ministro. Instrução Normativa nº49 de 26 de setembro de 2018. Diário Oficial da União. Edição 187. Seção 1.p.4 [Internet]. [cited 2021 Aug 23]. Available from: https://www.in.gov.br/web/guest/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/42586576/do1-2018-09-27-instrucao-normativa-n-49-de-26-
 32. Faresin L da S. Desenvolvimento de sorvete funcional com redução de açúcar e gordura. 2019 Mar 26 [cited 2021 Aug 12]; Available from: <http://tede.upf.br/jspui/handle/tede/1815>
 33. Costa MGM. Desenvolvimento de sorvete simbiótico de açaí (*Euterpe oleracea*) com *Lactobacillus rhamnosus* GG e resistência do probiótico em um modelo de digestão gastrointestinal in vitro. 2014 Nov 13 [cited 2021 Aug 13]; Available from: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/9/9133/tde-25112014-144755/>
 34. Sousa GL. Desenvolvimento de sorvete simbiótico de graviola (*Annona muricata* L.) com teor reduzido de gordura e avaliação da resistência gastrointestinal dos probióticos in vitro. 2014 Dec 18 [cited 2021 Aug 17]; Available from: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/9/9133/tde-19032014-114952/>
 35. Meneses RB, Silva MS, Monteiro MLG, Rocha-Leão MHM, Conte-Junior CA. Effect of dairy by-products as milk replacers on quality attributes of ice cream. *J Dairy Sci.* 2020 Nov 1;103(11):10022–35.
 36. Goff HD. Ice Cream and Frozen Desserts: Manufacture. In: Reference Module in Food Science [Internet]. Elsevier; 2016 [cited 2018 Jun 19]. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780081005965008325>
 37. Goff H. The Structure and Properties of Ice Cream and Frozen Desserts. *Encycl*

- Food Chem [Internet]. 2019 Jan 1 [cited 2019 Jul 22];47–54. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780081005965217034>
38. FitzGerald RJ, Murray BA, Walsh DJ. Hypotensive Peptides from Milk Proteins. In: Journal of Nutrition [Internet]. American Institute of Nutrition; 2004 [cited 2020 Dec 3]. p. 980S-988S. Available from: <http://www.uli.ie/acepeptides>
 39. Ramos AF. Avaliação de aspectos físico-químicos, sensoriais e reológicos de sorvete gourmet elaborado com teor reduzido de lactose. [Juiz de Fora]: Universidade Federal de Juiz de Fora; 2016.
 40. Walstra P, Wouters JTM, Geurts TJ. Dairy Science and Technology 2nd Edition. CRC Press. 2005;891.
 41. Hame H, Jonkers D, Venema K, Vanhoutvin S, Troost F, Brummer R. Review article: the role of butyrate on colonic function. Aliment Pharmacol Ther [Internet]. 2008 Jan [cited 2021 Aug 24];27(2):104–19. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17973645/>
 42. Fuke G, Nornberg J. Systematic evaluation on the effectiveness of conjugated linoleic acid in human health. Crit Rev Food Sci Nutr [Internet]. 2017 Jan 2 [cited 2021 Aug 24];57(1):1–7. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27636835/>
 43. Abghari A, Sheikh-Zeinoddin M, Soleimani-Zad S. Nonfermented ice cream as a carrier for *Lactobacillus acidophilus* and *Lactobacillus rhamnosus*. Int J Food Sci Technol. 2011 Jan;46(1):84–92.
 44. Goff H. The Structure and Properties of Ice Cream and Frozen Desserts. Encycl Food Chem. 2019 Jan 1;47–54.
 45. Bolfarini Harami J. Desenvolvimento de cerealem barra com gelado comestível simbiótico. [São Paulo]: Faculdade de Ciências Farmacêuticas; 2008.
 46. Ramos I, Silva M, Antunes V, Praxedes C, Oliveira M. Development of ice cream with added buttermilk. Brazilian J Food Technol [Internet]. 2021 Jul 23 [cited 2021 Aug 18];24. Available from: <http://www.scielo.br/j/bjft/a/YLh4fjsRXCQNNkDbmCQKvZq/abstract/?lang=en>
 47. Sofjan RP, Hartel RW. Effects of overrun on structural and physical characteristics of ice cream. Int Dairy J. 2004 Mar 1;14(3):255–62.
 48. Szkolnicka K, Dmytrów I, Mituniewicz-Małek A. Buttermilk ice cream—New method for buttermilk utilization. Food Sci Nutr [Internet]. 2020 Mar 1 [cited 2021 Aug 18];8(3):1461. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33807380/>
 49. Barrett DM, Beaulieu JC, Shewfelt R. Color, Flavor, Texture, and Nutritional Quality of Fresh-Cut Fruits and Vegetables: Desirable Levels, Instrumental and Sensory Measurement, and the Effects of Processing. https://doi.org/10.1080/10408391003626322 [Internet]. 2010 May [cited 2021 Aug 12];50(5):369–89. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10408391003626322>
 50. Naczek M, Shahidi F. Extraction and analysis of phenolics in food. J Chromatogr A. 2004 Oct 29;1054(1–2):95–111.

51. Schiassi MCEV, Souza VR de, Lago AMT, Campos LG, Queiroz F. Fruits from the Brazilian Cerrado region: Physico-chemical characterization, bioactive compounds, antioxidant activities, and sensory evaluation. *Food Chem.* 2018 Apr 15;245:305–11.
52. Fox PF, Uniacke-Lowe T, McSweeney PLH, O'Mahony JA. Milk Lipids. In: *Dairy Chemistry and Biochemistry* [Internet]. Cham: Springer International Publishing; 2015 [cited 2018 Jun 19]. p. 69–144. Available from: http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-14892-2_3
53. Fox PF, Uniacke-Lowe T, McSweeney PLH, O'Mahony JA, Fox PF, Uniacke-Lowe T, et al. Lactose. In: *Dairy Chemistry and Biochemistry*. Springer International Publishing; 2015. p. 21–68.
54. Binda S, Hill C, Johansen E, Obis D, Pot B, Sanders ME, et al. Criteria to Qualify Microorganisms as “Probiotic” in Foods and Dietary Supplements. *Front Microbiol.* 2020 Jul 24;0:1662.
55. Ouwehand A. A review of dose-responses of probiotics in human studies. *Benef Microbes* [Internet]. 2017 [cited 2021 Aug 27];8(2):143–51. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28008787/>
56. Brasil.Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada nº 241, de 26 de julho de 2018 [Internet]. 2018 Jul [cited 2021 Aug 27]. Available from: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/34379910/do1-2018-07-27-resolucao-da-diretoria-colegiada-rdc-n-241-de-26-de-julho-de-2018-34379900
57. Akalın AS, Kesenkas H, Dinkci N, Unal G, Ozer E, Kınık O. Enrichment of probiotic ice cream with different dietary fibers: Structural characteristics and culture viability. *J Dairy Sci.* 2018 Jan 1;101(1):37–46.
58. Akalin A, Erişi D. Effects of inulin and oligofructose on the rheological characteristics and probiotic culture survival in low-fat probiotic ice cream. *J Food Sci* [Internet]. 2008 May [cited 2021 Aug 29];73(4). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18460135/>
59. Cruz AG, Antunes AEC, Sousa ALOP, Faria JAF, Saad SMI. Ice-cream as a probiotic food carrier. *Food Res Int.* 2009 Nov 1;42(9):1233–9.
60. Mohammadi R, Mortazavian AM, Khosrokhavar R, da Cruz AG. Probiotic ice cream: viability of probiotic bacteria and sensory properties. *Ann Microbiol* 2011 613 [Internet]. 2011 Jan 6 [cited 2021 Aug 29];61(3):411–24. Available from: <https://annalsmicrobiology.biomedcentral.com/articles/10.1007/s13213-010-0188-z>
61. LAB Color Space and Values | X-Rite Color Blog [Internet]. [cited 2021 Aug 10]. Available from: <https://www.xrite.com/blog/lab-color-space>

ANEXO I

Parecer Consubstanciado do CEP



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Desenvolvimento de sorvete funcional saborizado com polpa de cagaíta (Eugenia dysenterica)

Pesquisador: RENATA TEIXEIRA PFRIMER

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 09822018.9.0000.5083

Instituição Proponente: Escola de Veterinária e Zootecnia

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.509.927

Apresentação do Projeto:

Trata-se de um projeto de doutoramento em Ciência Animal da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás. Será desenvolvido um sorvete funcional saborizado com polpa de cagaíta. Serão elaboradas diferentes formulações de cada tratamento utilizando como ingredientes leite pasteurizado integral, creme de leite, soro lácteo, leiteiro, prebiótico, polpa de cagaíta, açúcar e estabilizante/espessante. A pesquisa será desenvolvida no Centro de Pesquisa em Alimentos da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás. A parceria com indústrias do setor de sorvetes encontra-se em negociação para que o processamento do alimento ocorra em uma indústria e assim sejam obtidos resultados que possam ser prontamente aplicados na prática, por se tratar de um projeto de inovação tecnológica. As formulações serão produzidas de acordo com as Boas Práticas de Fabricação (BPF), com rigorosas condições de higiene e controle de qualidade, garantindo a segurança do alimento. Os testes sensoriais serão realizados com 120-150 provadores com mais de 18 anos de idade e estão previstos para janeiro de 2020.

Como justificativa para a pesquisa está que o desenvolvimento de um sorvete funcional de cagaíta constitui uma atividade de inovação na área de ciência e tecnologia de alimentos, tanto em âmbito nacional como internacional, ao utilizar ingredientes que ainda não foram explorados na fabricação de sorvetes. Os ingredientes de destaque são os resíduos industriais que provocam grandes danos ao ambiente, que possuem grande potencial funcional e nutricional e são

Endereço: Pró-Reitoria de Pesquisa e Inovação - Agência UFG de Inovação, Alameda Flamboyant, Qd. K, Edifício K2			
Bairro: Campus Samambaia, UFG		CEP: 74.650-970	
UF: GO	Município: GOIÂNIA		
Telefone: (62)3521-1215	Fax: (62)3521-1163	E-mail: cep.prpi.ufg@gmail.com	



Continuação da Pesquisa: 3.509.937

subutilizados, além do uso de prebiótico e o uso de um fruto do Cerrado.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Desenvolver e avaliar um sorvete funcional saborizado com polpa de cagaíta (*Eugenia dysenterica*).

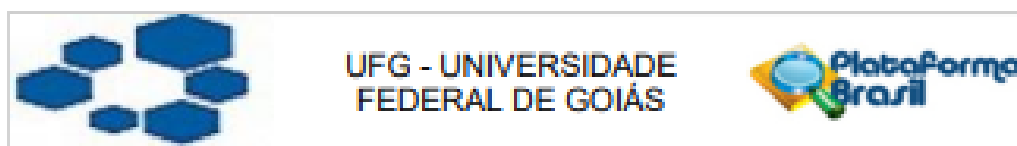
Objetivos secundários:

- Analisar os parâmetros físico-químicos e microbiológicos do leite.
- Analisar os parâmetros físico-químicos e microbiológicos do creme.
- Analisar os parâmetros físico-químicos e microbiológicos do soro lácteo.
- Analisar os parâmetros físico-químicos e microbiológicos do leiteího.
- Analisar os parâmetros físico-químicos e microbiológicos da polpa de cagaíta (*Eugenia dysenterica*).
- Determinar as concentrações dos ingredientes utilizando o Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR).
- Analisar os parâmetros físico-químicos, microbiológicos, estruturais e funcionais dos sorvetes de creme fabricados.
- Comparar os parâmetros estruturais e funcionais das diferentes formulações de sorvetes de creme fabricados.
- Realizar análises sensoriais do produto final e avaliar a aceitação dos produtos por 120 consumidores.
- Realizar análises sensoriais com 15 provadores treinados.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os riscos que podem estar associados ao desenvolvimento do projeto são os de alergia ou intolerância dos provadores a qualquer um de seus ingredientes: leite integral padronizado, creme, leiteího, açúcar, polpa congelada de cagaíta, porém voluntários que apresentem reação adversa a qualquer um dos ingredientes citados, serão automaticamente excluídos da pesquisa. Além disso, caso algum provador apresente reação adversa comprovada ao produto oferecido na presente pesquisa este será encaminhado para atendimento médico, nos Centros de Assistência Integral à Saúde (CAIS) e Hospitais Públicos de Goiânia (HC, HGG). Os benefícios são coletivos e estão relacionados à inovação tecnológica e desenvolvimento sustentável.

Endereço: Pró-Reitoria de Pesquisa e Inovação - Agência UFG de Inovação, Alameda Flamboyant, Qd. K, Edifício K2
Bairro: Campus Samambaia, UFG **CEP:** 74.690-970
UF: GO **Município:** GOIÂNIA
Telefone: (62)3521-1215 **Fax:** (62)3521-1163 **E-mail:** cep.ppi.ufg@gmail.com



Continuação do Parecer: 3.509.927

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O projeto apresenta consistência científica, relevância para a pesquisa e sociedade e está completo com justificativa, metodologia, cronograma e orçamento.

Os provedores da pesquisa (consumidores) deverão ter acima de 18 anos, ter interesse, disponibilidade e afetividade com produtos derivados de leite para participar e contribuir com este estudo. Serão excluídos os sujeitos com disfunção que comprometa a acuidade sensorial, que apresentem alergia ou intolerância a produtos derivados de leite, alergia ou intolerância a polpa de cagaita e pessoas com doenças que impedem a ingestão de um ou mais ingredientes presentes na formulação do produto. Serão convidados a participar da análise sensorial graduandos, pós-graduandos e colaboradores que frequentam a Universidade Federal de Goiás.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os documentos: Termo de Compromisso dos pesquisadores, Folha de Rosto, Projeto, Informações Gerais e uma segunda versão do TCLE, para atendimento de pendência, foram apresentados.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Sobre o atendimento das seguintes pendências:

1- Esclarecer como e onde os provedores serão recrutados.

Situação: Pendência Atendida.

2- Apresentar o TCLE com linguagem de fácil compreensão aos participantes em relação ao produto e procedimentos da pesquisa.

Situação: Pendência Atendida

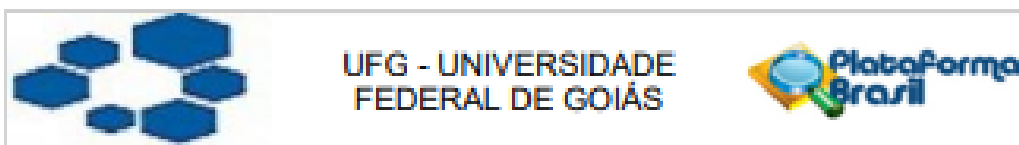
3- No TCLE, acrescentar a solicitação ao provedor que permaneça no local da análise sensorial por 30 minutos para aumentar a segurança do provedor em relação ao desenvolvimento de alergia ou intolerância a algum ingrediente do produto.

Situação: Pendência Atendida

Todas as pendências apresentadas anteriormente foram atendidas. Sendo assim, por não haver óbice ético, somos favoráveis à aprovação do presente protocolo de pesquisa, smj deste Comitê.

Considerações Finais a critério do CEP:

Endereço: Pró-Reitoria de Pesquisa e Inovação - Agência UFG de Inovação, Alameda Flamboyant, Cód. K, Edifício K2
Bairro: Campus Samambaia, UFG **CEP:** 74.690-970
UF: GO **Município:** GOIÂNIA
Telefone: (62)3521-1215 **Fax:** (62)3521-1163 **E-mail:** cep.ppi.ufg@gmail.com



Continuação do Parecer: 3.506.607

Informamos que o Comitê de Ética em Pesquisa/CEP-UFG considera o presente protocolo APROVADO, o mesmo foi considerado em acordo com os princípios éticos vigentes. Reiteramos a importância deste Parecer Consubstanciado, e lembramos que o(a) pesquisador(a) responsável deverá encaminhar ao CEP-UFG o Relatório Final baseado na conclusão do estudo e na incidência de publicações decorrentes deste, de acordo com o disposto na Resolução CNS n. 466/12 e Resolução CNS n. 510/16. O prazo para entrega do Relatório é de até 30 dias após o encerramento da pesquisa, previsto para dezembro de 2021.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1271506.pdf	22/07/2019 14:11:15		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_CEP.pdf	22/07/2019 14:10:57	RENATA TEIXEIRA PFRIMER	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Termo_de_compromisso_pesquisadores.jpg	13/12/2018 09:12:21	RENATA TEIXEIRA PFRIMER	Aceito
Outros	Ficha_Analise_sensorial.pdf	11/12/2018 11:14:02	RENATA TEIXEIRA PFRIMER	Aceito
Orçamento	Orcamento.pdf	11/12/2018 10:32:15	RENATA TEIXEIRA PFRIMER	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rosto.pdf	11/12/2018 10:31:53	RENATA TEIXEIRA PFRIMER	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Termo_Anuencia_Instituicao.pdf	11/12/2018 10:31:29	RENATA TEIXEIRA PFRIMER	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_CEP.pdf	11/12/2018 10:29:01	RENATA TEIXEIRA PFRIMER	Aceito
Cronograma	Cronograma.pdf	10/12/2018 17:24:40	RENATA TEIXEIRA PFRIMER	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Pró-Reitoria de Pesquisa e Inovação - Agência UFG de Inovação, Alameda Flamboyant, Cód. K, Edifício K2
Bairro: Campus Samambaia, UFG **CEP:** 74.690-970
UF: GO **Município:** GOIÂNIA
Telefone: (62)3521-1215 **Fax:** (62)3521-1163 **E-mail:** cep.prpi-ufg@gmail.com



Continuação do Parecer: 3.509.607

GOIÂNIA, 15 de Agosto de 2019

Assinado por:
Geisa Mozzer
(Coordenador(a))

Endereço: Pró-Reitoria de Pesquisa e Inovação - Agência UFG de Inovação, Alameda Flamboyant, Od. K, Edifício K2
Bairro: Campus Samambaia, UFG **CEP:** 74.690-970
UF: GO **Município:** GOIÂNIA
Telefone: (62)3521-1215 **Fax:** (62)3521-1183 **E-mail:** cap.prpi.ufg@gmail.com

ANEXO II

Tabela de atributos de aparência, aroma e textura gerados pela equipe sensorial, com suas definições e referências de intensidade.

Atributos	Definição	Referências
COR		
Cor amarela	É a percepção visual produzida pela estimulação da retina pelos raios luminosos de comprimento de onda referente à cor amarela 570-590 nm (variando de amarelo-esbranquiçado a amarelo forte).	FRACO: Sorvete de creme FORTE: Gema de ovo
Cor branca	É a percepção visual produzida pela estimulação da retina pelos raios luminosos da mistura de todas as cores.	FRACO: Leite flúido FORTE: Creme de leite
AROMA		
Cítrico	É a percepção da intensidade do aroma ácido devido a presença de polpa de cagaita.	FRACO: Suco de maracujá diluído FORTE: Suco de maracujá concentrado
Doce	É a percepção da intensidade do aroma adocicado.	FRACO: Leite fluido FORTE: Doce de leite
TEXTURA		
Aguada	É a percepção da intensidade da textura aquosa.	FRACO: Leite fluido FORTE: Leite condensado
Creмоса	É a percepção da intensidade da textura pastosa.	FRACO: Leite fluido FORTE: Leite condensado
Densa	É a percepção da intensidade da textura carregada.	FRACO: Leite fluido FORTE: Leite condensado
Espumada	É a percepção da intensidade da formação de espuma.	FRACO: Leite espumado FORTE: Chantily
Arenoso	É a percepção da intensidade da textura areenta.	FRACO: Sorvete de creme FORTE: Doce de leite ninho

Continuação - Tabela de atributos de aparência, aroma e textura gerados pela equipe sensorial, com suas definições e referências de intensidade.

Atributos	Definição	Referências
SABOR		
Azedo	É a percepção da intensidade do sabor azedo devido a presença de polpa de cagaita, característico de frutas cítricas.	FRACO: Mousse de maracujá menos concentrado FORTE: Mousse de maracujá concentrado
Amanteigado	É a percepção da intensidade da textura de manteiga.	FRACO: Sorvete de coco FORTE: Chocolate branco
Amargo	É a sensação de amargo produzida no instante em que a substância entra em contato com os botões gustativos (boca).	FRACO: Chocolate meio amargo (40%) FORTE: Chocolate amargo (80%)
Ranço	É a percepção da intensidade do sabor de alimentos gordurosos alterados.	FRACO: Manteiga FORTE: Manteiga rançosa
Doce	Sabor estimulado pela sacarose e outras substâncias doces como aspartame, ciclamato /sacarina, etc.	FRACO: Leite fluido FORTE: Leite condensado

ANEXO III

Ficha para análise descritiva das amostras de sorvete funcional probiótico

Nome: _____		Data: __/__/__	
Por favor, avalie cada amostra quanto a intensidade dos atributos a seguir.			
<u>Aparência</u>			
Cor amarela	Fraco	_____	Forte
Branco	Fraco	_____	Forte
<u>Aroma</u>			
Cítrico	Fraco	_____	Forte
Doce	Fraco	_____	Forte
<u>Textura</u>			
Aguada	Fraco	_____	Forte
Creмоса	Fraco	_____	Forte
Densa	Fraco	_____	Forte
Espumado	Fraco	_____	Forte
Arenoso	Fraco	_____	Forte
<u>Sabor</u>			
Azedo	Fraco	_____	Forte
Amanteigado	Fraco	_____	Forte
Amargo	Fraco	_____	Forte
Ranço	Fraco	_____	Forte
Doce	Fraco	_____	Forte

CAPÍTULO 4 – DESENVOLVIMENTO DE SORVETE FUNCIONAL SIMBIÓTICO

RESUMO

O mercado de alimentos nutracêuticos influencia na saúde e no fortalecimento do sistema imunológico da população. Nesse sentido, empresas visionárias, buscam inovar e elaborar produtos que atendam às exigências do mercado crescente. Sorvetes são alimentos nutritivos, considerados ótimos veículos para serem explorados e para aprimorar seu potencial funcional e nutracêutico. Dessa forma, objetivou-se desenvolver e caracterizar diferentes formulações de sorvete utilizando inulina, cultura probiótica de *Lactobacillus acidophilus*, soro, leite e relação de leite/creme de 1:1 além de polpa de cagaita (*Eugenia dysenterica*) em parte das formulações. Foram produzidas seis amostras de sorvetes funcionais simbióticos, contendo 5% de inulina e 0.5% de *Lactobacillus acidophilus*, sendo três amostras com adição de polpa de cagaita e três amostras sem adição de polpa. Foram realizadas análises físico-químicas (pH, acidez, teor de umidade, teor de cinzas, proteína total, lipídeos, lactose, colorimetria, *overrun* e teste de velocidade de derretimento), microbiológicas (pesquisa de *Salmonella* spp., contagem de *Staphylococcus* coagulase positiva, contagem de Enterobacteriaceae e viabilidade da cultura probiótica de *Lactobacillus acidophilus*), reologia das caldas dos sorvetes, análise do perfil de textura, microscopia confocal e análise sensorial descritiva quantitativa com provadores treinados. As formulações apresentaram resultados dentro dos padrões estabelecidos pela legislação vigente. Os sorvetes funcionais simbióticos foram categorizados em padrão e *premium* em relação ao teor de gordura. As formulações com polpa de cagaita em sua composição, evidenciaram maiores valores de acidez, umidade, menor velocidade de derretimento, maior intensidade da cor amarela e aroma cítrico. Formulações com adição de polpa de cagaita e maior concentração de leite e soro, obtiveram maior dureza instrumental. Os sorvetes exibiram equivalência em relação à semi-quantificação dos pixels das imagens, obtidas pela análise de microscopia confocal, com a quantificação de lipídeos e proteínas. O teor de inulina nas formulações não influenciou no valor de *overrun*. Os sorvetes foram categorizados como alimentos probióticos e obtiveram contagem de 8 Log₁₀ UFC/g após sua fabricação.

Palavras-chave: densidade nutricional, prebióticos, probióticos, saúde única, sustentabilidade.

ABSTRACT

The nutraceutical food market influences the health and strengthening of the population's immune system. Hence, visionary companies seek to innovate and develop products that meet the demands of the growing market.. Ice cream are nutritious foods, considered great vehicles to be explored and to improve their functional and nutraceutical potential. Thus, the objective was to develop and characterize different ice cream formulations using inulin, probiotic culture of *Lactobacillus acidophilus*, whey, buttermilk and milk/cream ratio of 1:1 in addition to cagaita pulp (*Eugenia dysenterica*) in part of the formulations. Six samples of functional symbiotic ice cream were produced, containing 5% prebiotic and 0.5% *Lactobacillus acidophilus*, three samples with addition of cagaita pulp and three samples without pulp. Physical-chemical (pH, acidity, moisture, ash, total protein, lipids, lactose, colorimetry, *overrun* and melting speed test), microbiological (*Salmonella* spp., *Staphylococcus* coagulase positive counts, Enterobacteriaceae count and *Lactobacillus acidophilus* count), rheology, texture profile analysis, confocal microscopy and quantitative descriptive sensory analysis with trained panelists. All formulations showed results within the standards established by current legislation. Symbiotic functional ice creams were categorized into standard to premium ice creams by fat content. The formulations with cagaita pulp showed higher values of acidity, moisture, lower melting speed, greater intensity of yellow color and citrus aroma. Formulations with addition of cagaita pulp and higher concentration of buttermilk and whey had higher hardness. The ice creams showed equivalence in relation to the semi-quantification of the pixels of the images, obtained by the analysis of confocal microscopy, with the quantification of lipids and proteins. The prebiotic content in the formulations did not influence the *overrun* value. All ice creams are categorized as probiotic foods and had a count of $8 \text{ Log}_{10} \text{ CFU/g}$ after their manufacture, being great vehicles to provide probiotic culture.

Keywords: nutritional density, prebiotic, probiotic, unique health, sustainability.

1.INTRODUÇÃO

O mercado de alimentos funcionais tem relevância há alguns anos e constantemente tais alimentos são reinventados e inovados, em virtude de pesquisas científicas que exploram fatores terapêuticos e, especialmente, preventivos associados a alimentação¹.

A pandemia ocasionada pela COVID-19, impulsionou o foco em alimentos funcionais em virtude da relevância de um sistema imunológico saudável e da redução de condições de fatores de risco relacionados à doenças². Assim, os consumidores intensificaram a preocupação com suas condições relativas à saúde e mudança dos seus hábitos alimentares³.

Segundo a Nutricconnection¹, um levantamento feito pela Markets and Markets estima que o mercado de alimentos funcionais chegará a movimentar aproximadamente USD\$ 94,1 bilhões em 2023.

Nesse sentido, atualmente, indústrias visionárias no mercado de sorvetes buscam agregar valor ao produto, explorando o desenvolvimento na área de ingredientes funcionais para atender a demanda crescente do mercado. Sendo que, dentro dessa área, ressalta-se produtos com maior densidade nutricional que ganham versões com adição de fibra, cepas probióticas, redução de açúcares, redução de conservantes e/ou outros aditivos e utilização de saborizantes naturais¹.

Dentre produtos com alta densidade nutricional, o uso de co-produtos como o soro lácteo e o leiteiro, em larga escala, em sistemas alimentícios e, especialmente, em derivados lácteos, pode ser explorado com o intuito de alcançar melhoria na nutrição, assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos com o consumo desses produtos. Visto que, os fatores nutricionais, funcionais além de tecnológicos relacionados a esses co-produtos são expressivos.

Em 1994, nos EUA, a FDA aprovou a alegação de saúde para fibras alimentares. E 25 anos depois, graças ao avanço nos conhecimentos sobre microbiota intestinal e sua importância sobre todo o sistema imunológico, ganha mais destaque juntamente com os probióticos¹.

Assim, a utilização de prebiótico como a inulina e probiótico como a cepa *Lactobacillus acidophilus*, fomenta a inovação no ramo dos sorvetes e enriquece o produto sendo mais atrativo ao consumo mediante os benefícios à saúde que estão

relacionados ao seu uso, estando diretamente relacionado à promoção de saúde e bem-estar para todos.

Além disso, incrementar sorvetes explorando o uso de saborizantes naturais e regionais faz com que produção sustentável de frutos nativos do Cerrado como a cagaita (*Eugenia dysenterica*) ganhe incentivo, tendo como alvo a proteção e recuperação de ecossistemas terrestres, combatendo a desertificação, a degradação da terra e a perda da biodiversidade nativa. Concomitante a esse cenário, tem-se a promoção do crescimento econômico inclusivo e sustentável a comunidades relacionada à agricultura familiar, assegurando padrões de produção que englobam o crescimento econômico, ambiental e social.

Diante do exposto, a fabricação de sorvetes funcionais simbióticos fomenta a inovação de derivados lácteos que englobam a tríade do desenvolvimento sustentável e visam atingir os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, ganha destaque não só no cenário nacional, como mundial pelos valores agregados ao produto.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram elaboradas seis formulações de sorvetes funcionais simbióticos com diferentes concentrações de leite pasteurizado/creme de leite pasteurizado, soro lácteo em pó e leite em pó. Sendo destes, três formulações com adição de polpa de cagaita.

A pesquisa e as análises foram desenvolvidas no Centro de Pesquisa em Alimentos da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás (CPA/EVZ/UFG).

2.1. Ingredientes

Para a fabricação dos sorvetes funcionais simbióticos foi utilizado leite pasteurizado com teor de gordura padronizado em 3%, creme de leite pasteurizado com teor de gordura padronizado em 35%, açúcar cristal e emulsificante Marvi – Marvi gel plus adquiridos em comércio varejista de Goiânia-GO.

O soro lácteo em pó utilizado nas formulações foi cedido pelo Laticínio Lactosul Indústria de Laticínios (Piranhas/Goiás).

O leite em pó foi adquirido junto à Cooperativa Agroindustrial de Londrina – Cativa (Londrina/Paraná).

A cultura probiótica liofilizada da cepa de *Lactobacillus acidophilus* – La 3 foi cedida gentilmente pela empresa Sacco (Campinas/São Paulo).

O prebiótico utilizado nas formulações, Orafiti® Inulin foi adquirido junto a empresa SweetMix (Sorocaba/São Paulo).

A polpa de cagaita (*Eugenia dysenterica*) foi adquirida através da Cooperativa Central do Cerrado (Sobradinho/Distrito Federal) e o transporte foi realizado em caixas isotérmicas com gelos reutilizáveis. As polpas foram armazenadas em freezer com temperaturas inferior a -18°C até o momento de sua utilização. Anteriormente ao uso na fabricação dos sorvetes, as polpas foram submetidas ao processo de pasteurização, em banho-maria a 90°C/5 min⁴.

2.2. Testes preliminares

Estudos preliminares foram realizados com o intuito de estabelecer as concentrações adequadas de inulina para ser adicionada às formulações. Avaliando, especialmente, as características sensoriais dos sorvetes, explorando o maior uso de coprodutos lácteos e de suas funcionalidades tecnológicas e nutritivas e reduzindo o teor de açúcar na fabricação de sorvetes sem alterar negativamente as propriedades sensoriais e tecnológicas do produto.

Inicialmente, o objetivo era promover redução de 100% ou 50% do açúcar utilizado nos sorvetes funcionais probióticos. Assim, as formulações produzidas no Cap.3 foram fabricadas seguindo as suas concentrações de leite/creme, soro, leiteiro, polpa de cagaita e utilizando 10% e 5% de inulina. No entanto, os sorvetes fabricados com 10% de inulina e ausência de açúcar, apresentaram, de acordo com a equipe de degustação sensorial, declínio nas características sensoriais, especialmente referente ao sabor. Sendo que, essa mesma percepção sensorial foi observada em trabalho realizado por Di Criscio et al.⁵ em sorvetes com 10% de inulina (Fibruline). Em contrapartida, os sorvetes fabricados com 5% de inulina e 5% de açúcar, mantiveram boas características sensoriais, semelhantes à dos sorvetes probióticos (Cap.3). Assim, estabeleceu-se a concentração fixa de 5% de inulina e 5% de açúcar para todas as formulações de sorvetes funcionais simbióticos.

2.3. Produção dos sorvetes funcionais simbióticos

Para a fabricação dos sorvetes seguiu-se o disposto no Regulamento Técnico de Boas Práticas de Fabricação – RDC nº 267/2003⁶. Antes do processamento, todos os utensílios, vidrarias e materiais resistentes foram esterilizados a 121 °C por 20 minutos, e todos os cuidados de boas práticas de fabricação foram tomados a fim de garantir a segurança microbiológica em todo o processamento.

As embalagens para armazenamento dos sorvetes bem como os demais utensílios de polipropileno foram sanitizados com solução de hipoclorito de sódio a 200 ppm por 15 minutos e secadas expostas a luz ultravioleta em fluxo laminar.

Seguindo o mesmo fluxograma apresentado nos capítulos 2 e 3, os ingredientes eram pesados em balança semi-analítica e separados conforme a formulação. A cultura probiótica liofilizada de *Lactobacillus acidophilus* era pesada em frascos estéreis, correspondendo a 0.5% do volume total da calda de cada formulação. Antes do

uso, para cada formulação, a cultura era re-hidratada utilizando 30 mL de leite em pó desnatado reconstituído em água estéril (11 %).

Em condições de esterilidade, misturou-se os ingredientes (formando a calda), incluindo o açúcar e a inulina em béqueres utilizando bastões de vidro. Em seguida, a calda era transferida para frascos de vidro de um litro, e submetida à pasteurização em banho-maria a 72-75 °C por 30 minutos. A medição da temperatura da calda era realizada no início e final do processo a fim de averiguar a estabilidade durante a pasteurização. Em seguida, os frascos de vidro com as caldas foram resfriados em banho de gelo, e armazenados, por 24 horas em temperatura de 4 - 6 °C para que ocorresse a maturação. Posteriormente, em liquidificador (Philips Walita, modelo RI7630), era adicionado à calda a polpa de cagaita, para as amostras com adição dessa fruta, e então ocorria a homogeneização da mistura por 15 minutos. Logo após, a cultura probiótica de *Lactobacillus acidophilus* era adicionada à mistura e posteriormente ocorria o processo de batimento destas caldas em sorveteira automática (Citton, Caxias do Sul/RS) por aproximadamente 80 minutos, para realizar a etapa de congelamento e incorporação de ar. Para o envase dos sorvetes, foram utilizadas embalagens de polipropileno de 150 mL sanitizadas, e por fim, as amostras foram armazenadas em freezer com temperatura de - 20 °C, completando a etapa de endurecimento.

2.4. Análises físico-químicas

Realizou-se a caracterização físico-química da matéria-prima: leite líquido/mL, creme de leite, soro em pó e leite em pó em gramas e a dos sorvetes funcionais simbióticos foram determinadas em gramas, após o seu derretimento. Sendo realizadas da seguinte forma:

- a) Leite, creme, soro em pó, leite em pó: pH, acidez titulável, teores de umidade, cinzas, proteína total, lipídeos e lactose.
- b) Polpa de cagaita: pH, acidez titulável, teores de umidade, cinzas, proteína total, e lipídeos.
- c) Sorvetes funcionais simbióticos: pH, acidez titulável, teores de umidade, cinzas, proteína total, lipídeos, lactose, *overrun*, colorimetria e teste de velocidade de derretimento.

2.4.1. pH

O potencial hidrogeniônico foi determinado por leitura através de imersão do potenciômetro Tecnal TEC-5 (Piracicaba, SP), seguindo a metodologia nº 981.12 da AOAC⁷.

2.4.2. Acidez Titulável

A acidez titulável foi determinada utilizando hidróxido de sódio 0,1N e fenolftaleína a 1%, até o aparecimento da coloração rósea persistente por 30 segundos, seguindo a metodologia nº 947.05 da AOAC⁷. Para a polpa de cagaita, a acidez titulável foi determinada utilizando método descrito pela AOAC nº 942.15 B⁷, pesou-se uma amostra de 5 g e esta foi diluída e homogeneizada em 100 mL de água destilada isenta de gás carbônico. Titulou-se com solução padronizada de hidróxido de sódio 0,1 N, sob agitação, até atingir uma faixa de pH entre 8,20 – 8,40. O teor de acidez foi calculado de acordo com a fórmula:

$$\text{*Acidez (g de ácido cítrico/100g)} = \frac{V \times f \times 100}{m \times 10} \quad (\text{Equação 1})$$

$$\text{Acidez (g de ácido láctico/100g)} = \frac{V \times f \times 0,1 \times 0,09 \times 100}{m} \quad (\text{Equação 2})$$

Em que:

V = volume de solução de hidróxido de sódio 0,1 N gasto na titulação, em mL;

f = fator de correção da solução de hidróxido de sódio 0,1 N;

0,1 = molaridade de solução de hidróxido de sódio;

0,09 = fator de conversão do ácido láctico;

m = massa da amostra;

10 = fator de conversão em ácido cítrico;

*fórmula para cálculo da acidez da polpa da cagaita

2.4.3. Umidade

O teor de umidade foi determinado utilizando estufa de secagem Fanem Orion 515 (Guarulhos, SP). Cerca de 5 g da amostra foi pesado em cadinhos com pérolas de vidro, previamente secos e tarados. A secagem foi realizada a 102 ± 2 °C. As pesagens foram realizadas em balança analítica (AX200, Barueri, SP), até que a amostra atingisse peso constante (n° 926.12 AOAC)⁷ sendo então calculado o teor de umidade de acordo com a fórmula:

$$\text{Umidade (\%)} = \left[\frac{(m1+m2)-m3}{m2} \right] \times 100 \quad (\text{Equação 3})$$

Em que:

m1= massa do cadinho, previamente seco, em gramas;

m2= massa da amostra, em gramas;

m3= massa do conjunto (cadinho e amostra) em gramas, após peso constante.

2.4.4. Cinzas

Após a determinação do teor de umidade, as amostras foram incineradas em forno tipo mufla EDG modelo EDG3P-S (São Carlos, SP) a 550 °C por 6 horas. Após o resfriamento da mufla, as amostras foram acondicionadas em dessecador e pesadas em balança analítica (AX200, Barueri, SP) AOAC⁷ n° 945.46108. O teor de cinzas foi calculado de acordo com a fórmula:

$$\text{Cinzas (\%)} = \left[\frac{(m3-m1)}{m2} \right] \times 100 \quad (\text{Equação 4})$$

Em que:

m1= massa do cadinho, em gramas;

m2= massa da amostra, em gramas;

m3= massa do conjunto (cadinho e amostra) incinerado, em gramas.

2.4.5. Proteína Total

O teor de proteína da matéria-prima e dos sorvetes foi determinado pelo método de *Kjeldahl*, seguindo metodologia descrita na AOAC⁷ n° 991.20. O método consiste em três etapas: digestão, destilação e titulação. A digestão das amostras foi realizada em bloco digestor (TECNAL TE-008/50-04, Piracicaba, SP) iniciando com temperatura de 180 °C com aumento de 50 °C a cada 30 minutos, até atingir temperatura de 420°C com completa digestão das amostras. Após a digestão, e as amostras atingirem temperatura ambiente, adicionou-se 85 mL de água destilada. Em seguida, procedeu-se a destilação em destilador (TECNAL TE-036/1, Piracicaba, SP), utilizando 50 mL de ácido bórico como indicador e cerca de 75 mL/amostra de hidróxido de sódio a 40%. O destilado foi coletado até completar cerca de 200 mL do volume total. Em seguida, ocorreu a etapa de titulação utilizando ácido sulfúrico 0,1 N até a viragem do indicador. O fator de conversão de nitrogênio total em proteína utilizado para a polpa de cagaita foi de 6.25 e para os demais ingredientes e sorvetes foi de 6.38. O teor de proteína total foi calculado de acordo com a fórmula a seguir:

$$\text{*Proteína (\%)} = \left[\frac{((Va-Vb) \times N \times f \times 1.4007)}{m} \right] \times 6.25 \quad (\text{Equação 5})$$

$$\text{Proteína (\%)} = \left[\frac{((Va-Vb) \times N \times f \times 1.4007)}{m} \right] \times 6.38 \quad (\text{Equação 6})$$

Em que:

Va = Volume de solução de ácido sulfúrico 0,1 N gasto na titulação da amostra, em mL;

Vb = Volume de solução de ácido sulfúrico 0,1 N gasto na titulação do branco, em mL;

N = Normalidade da solução de ácido sulfúrico 0,1N;

f = Fator de correção da solução de ácido sulfúrico 0,1 N;

m = Massa da amostra

*fórmula do teor de proteína para polpa de cagaita

2.4.6. Lipídeos

Os lipídeos do leite e do creme foram determinados pelo método de Gerber que se baseia na quebra da emulsão do leite pela adição de ácido sulfúrico e álcool

isoamílico, com centrifugação e posterior determinação da lipídeos por leitura direta na escala do butirômetro, seguindo a o método nº 2000.18 descrito pela AOAC⁷.

Os lipídeos do soro em pó, leite em pó e dos sorvetes funcionais simbióticos foram determinados pelo método de Rose-Gottlieb, que baseia-se na utilização do hidróxido de amônio para solubilizar a caseína, neutralizar a acidez e reduzir a viscosidade da amostra e posterior extração da lipídeos utilizando o álcool etílico, éter etílico e éter de petróleo. Os lipídeos extraídos são determinados gravimetricamente seguindo o método nº 952.06 descrito pela AOAC⁷.

O conteúdo de lipídeos da polpa de cagaita, foi determinado utilizando o método Bligh-Dyer. O método baseia-se na extração a frio de lipídeos que utiliza uma mistura de 3 solventes, clorofórmio-metanol-água. Inicialmente a amostra é misturada com metanol e clorofórmio, que estão em uma proporção que forma só uma fase com a amostra, juntamente com um volume de água calculado a partir do teor de umidade da amostra. Posteriormente, adiciona-se mais clorofórmio e sulfato de sódio 1.5%, de forma que são formadas 3 fases distintas, uma de clorofórmio contendo lipídeos, outra de metanol + água contendo as substâncias não lipídicas e outra com resíduo de amostra. A fase de clorofórmio com a gordura é isolada e após a evaporação do clorofórmio, obtemos a quantidade de lipídeos por pesagem⁸.

Método Rose-Gottlieb:

$$\text{Lipídeos (\%)} = \left[\frac{(m1-m2)-(m3-m4)}{m0} \right] \times 100 \quad (\text{Equação 7})$$

Método Bligh-Dyer:

$$\text{Lipídeos (\%)} = \left[\frac{(m1-m2)}{m0} \right] \times 100 \times 2 \quad (\text{Equação 8})$$

Em que:

m0= massa da amostra, em gramas;

m1= massa final do béquer com amostra, em gramas;

m2= massa inicial do béquer, em gramas;

m_3 = massa final do béquer usado no teste-branco, em gramas;
 m_4 = massa inicial do béquer usado no teste-branco, em gramas.

2.4.7. Lactose

O teor de lactose foi determinado utilizando o método de Lane-Eynon⁹, baseado na redução dos íons cúpricos a íons cuprosos pelo açúcar redutor em meio alcalino, a quente. Cerca de 5 g da amostra era dissolvida em 50 mL de água destilada e posteriormente era transferida para balão volumétrico de 250 mL. Adicionou-se 5 mL de solução de ferrocianeto de potássio a 15%, 5 mL de solução de sulfato de zinco a 30%, agitou e completou o volume (250 mL) com água destilada. Após ocorrer a sedimentação, a amostra era filtrada em papel filtro e o filtrado coletado em shots de 200 mL. Em seguida, o filtrado obtido era transferido para uma bureta de 25 mL. Utilizando pipetas volumétricas de 5 mL, era transferido para um Erlenmeyer, 5 mL da solução Fehling A e 5 mL da solução Fehling B. Adicionava-se 40 mL de água destilada, 1 gota de azul de metileno a 1%, aquecia até a ebulição e começava a gotejar a solução da amostra até que ocorre a viragem da amostra de azul anil para uma coloração avermelhada, resultado da formação do óxido cuproso. O teor de lactose foi determinado utilizando a fórmula a seguir:

$$\text{Lactose (\%)} = \frac{100 \times 250 \times (T \div 2) \times 1.39}{V \times m} \quad (\text{Equação 9})$$

Em que:

T = título da solução de Fehling;
 V = volume de amostra gasto na titulação, em mL;
 m = massa da amostra, em gramas;
 1.39 = fator de conversão da glicose para lactose.

2.4.8. Overrun

Overrun é definido como a taxa de incorporação de ar à calda, na etapa de congelamento e batimento do sorvete. A medição foi realizada com a pesagem inicial da calda em relação à pesagem do produto pronto. O *overrun* foi determinado utilizando a fórmula a seguir:

$$\text{Overrun (\%)} = \frac{P_c - P_s}{P_s} \times 100 \quad (\text{Equação 10})$$

Em que:

P_c = peso da calda, em gramas;

P_s = peso do sorvete, em gramas;

2.4.9. Teste de velocidade de derretimento

O teste de derretimento das amostras foi realizado seguindo metodologia descrita por Koxholt¹⁰ com algumas modificações. Os testes foram realizados em temperatura ambiente (25 °C). Pesava-se cerca de 50g da amostra que era colocada em uma peneira de aço inox 8x2 tyler 12, abertura de 1.4 mm apoiada na parte superior da balança analítica (AUY220 - Shimadzu, Kyoto, Japão). Uma placa de petri, identificada e previamente seca e tarada para cada amostra, foi colocada embaixo da peneira de inox (Figura 1) para coletar e pesar as perdas por derretimento do sorvete ao longo de 70 minutos, com pesagens a cada 10 minutos. O derretimento é definido como a perda de massa por gotejamento dividida pela massa total da amostra de sorvete em relação ao tempo. Assim, a partir dos dados obtidos, foram construídos gráficos de tempo x volume de sorvete derretido utilizando o modelo de regressão logística, através do software R¹¹.



FIGURA 1 – Utensílios e equipamento utilizados para o teste de velocidade de derretimento dos sorvetes funcionais simbióticos

2.4.10. Colorimetria

As amostras de sorvetes funcionais simbióticos, após o derretimento lento sob refrigeração, foram transferidas para béqueres de vidro com capacidade para 150 mL e as medições foram feitas em três pontos diferentes de para a obtenção da média.

A análise de cor foi realizada por leitura direta utilizando o sistema CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) $L^*a^*b^*$. Esse sistema baseia-se no conceito que o olho humano apresenta três receptores para cor e as demais cores são decorrentes das combinações das principais: o vermelho, azul e verde¹². O parâmetro L^* se refere à luminosidade ou brilho, a^* indica a intensidade de verde e vermelho e b^* , a intensidade de azul e amarelo, medidas obtidas através do aparelho colorímetro portátil BC-10 Baking Meter, da marca Konica Minolta (Japão), com ângulo de iluminação de 8° difusa, diâmetro de medição de 8 mm e lâmpada de tungstênio a gás, calibrado para um padrão branco¹³.

Com base nos valores de a^* e b^* foram calculados os índices Chroma* (saturação de cor) e Hue- Angle* (ângulo de tonalidade cromática) conforme as equações abaixo^{12,13}:

$$\text{Chroma} = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (\text{Equação 11})$$

$$\text{Hue}^* = \tan^{-1}(b^*/a^*) \quad (\text{Equação 12})$$

A saturação, determinada pelos índices Chroma, representa um atributo quantitativo para intensidade, ligada diretamente à concentração do elemento corante¹². Já o Hue-Angle, representa um atributo qualitativo de cor, varia entre 0 e 360° e é interpretado através do valor de h° e sua cor correspondente, sendo 0° – vermelho, 90° – amarelo, 180° – verde e 270° – azul (Figura 2)¹².

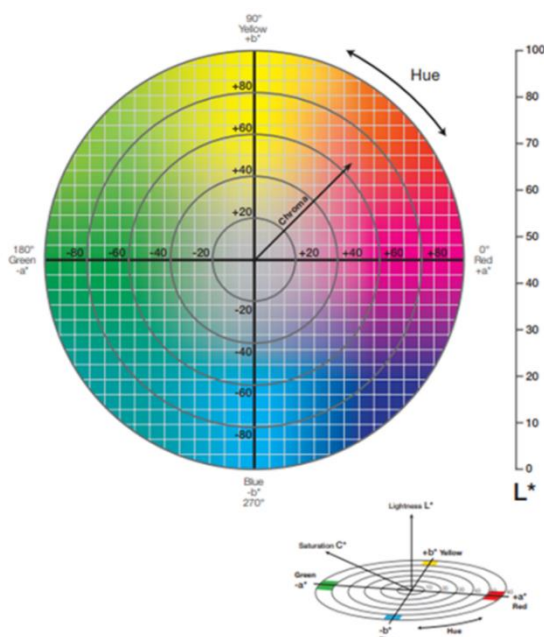


FIGURA 2 - Sistema de coordenadas colorimétricas para determinação de cor. Adaptado de X-rite⁶⁸.

2.5. Reologia

Segundo a Sociedade Americana de Reologia, reologia é a ciência que estuda a deformação e escoamento de materiais¹⁴. Através da análise de reologia, é possível controlar a qualidade do produto e indicar o dimensionamento e tipos de equipamentos a serem utilizados para a fabricação do alimento em específico¹⁵.

As análises foram realizadas no Laboratório Multiusuário de Análises (LabMulti/EA/UFG). As curvas de escoamento foram determinadas em duplicata, à temperatura de 25°C, utilizando o Reômetro Physica, modelo MCR 101 (Ostfildern, Germany).

O tipo de análise realizada foi análise rotacional de curvas de fluxo, utilizando a probe PP-50, recomendado para fluidos com partículas, e gap de 1mm (espaço delimitado entre as placas). A taxa de cisalhamento variou de 0.1 a 500 s⁻¹ (curva ascendente), 500 s⁻¹ a 0.1 (curva descendente) e 0.1 a 500 s⁻¹ (curva ascendente). Os dados analisados foram obtidos pelas médias das duas repetições da terceira rampa (ascendente) de cada amostra e os resultados foram expressos de forma linear.

A partir dos modelos matemáticos para avaliar o escoamento dos fluidos, sendo eles modelos de Newton, Ostwald- de- Waele (Lei da Potência), Bingham e Herschel-Buckley, são correlacionados os dados preditos pelos modelos com os dados obtidos experimentalmente. Assim, através de uma regressão linear, são determinados os modelos que melhor se ajustam aos resultados através do coeficiente de determinação (R²), teste qui-quadrado (X²) e raiz do quadrado médio do erro (RQME), gerando as curvas de escoamento.

Utilizando as curvas de escoamento obtidas em função da tensão de cisalhamento e da taxa de cisalhamento, foi possível determinar a viscosidade e a tensão de escoamento que corresponde à tensão mínima necessária para o escoamento do produto, sendo resultados necessários para decisão e dimensionamento de equipamentos e tubulações utilizados para a fabricação dos produtos. De forma geral, os fluidos são divididos em newtonianos e não-newtonianos, apresentando na curva de escoamento, onde o eixo X representa a taxa de cisalhamento ($\dot{\gamma}$) e o eixo Y representa a tensão de cisalhamento (τ)¹⁶, comportamento semelhante ao apresentado na Figura 3.

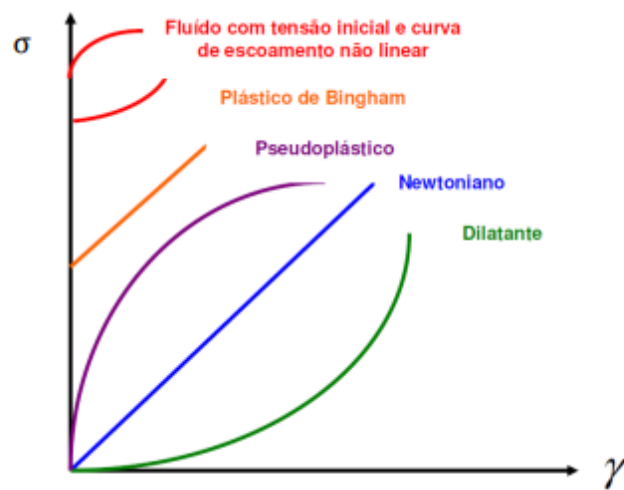


FIGURA 3 - Curva de escoamento para diferentes tipos de fluidos
Fonte: Adaptado de Sharma et al.¹⁷

2.6. Análise do Perfil de Textura (TPA)

A análise de textura é realizada para obter resultados sobre o comportamento das amostras ao serem submetidas a deformações como a mastigação, corte e prensa, permitindo informações sobre resistência, coesividade, gomosidade, elasticidade, granulidade, aspereza, fraturabilidade, entre outros¹⁸.

De acordo com Szczesniak¹⁹, tratando-se de definições sensoriais, a dureza é definida como força necessária para produzir certa deformação ou para compressão do alimento entre os dentes molares para alimentos sólidos, ou entre a língua e o palato para alimentos semissólidos. A adesividade é a energia necessária para remover o material que adere a boca durante o processo normal de comer. A coesividade é o grau de compressão de uma substância entre os dentes antes de romper. A elasticidade é o grau para o qual um produto volta a sua forma original, depois da compressão com os dentes. A mastigabilidade é o tempo necessário para mastigar uma amostra, para reduzi-la a consistência adequada para deglutição. E a gomosidade é a densidade persistente durante a mastigação, sendo a energia necessária para desintegrar a massa do alimento, obtida durante a mastigação, até que atinja o ponto de engolir. Tais parâmetros são apresentados através da curva de textura conforme Figura 4.

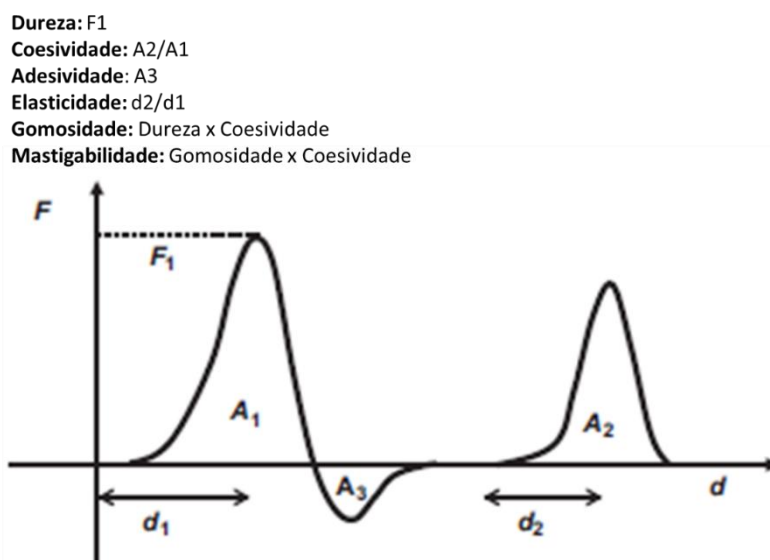


FIGURA 4 - Curva de força-deslocamento obtida de um teste de dupla descompressão usando a abordagem de análise de perfil de textura (TPA).

Adaptado de Chen²⁰.

Cada amostra de sorvete, acondicionada em potes de 50 mL, foi removida do freezer (-18°C) e imediatamente analisada. O aparelho utilizado foi o Texturômetro (Texture Analyser, TA-XT Plus, Surrey, Inglaterra) e as condições de teste foram semelhantes às de Costa²¹ e Sousa²², utilizando velocidade de pré-teste de 2,0 mm/seg,

velocidade de teste de 3,0 mm/seg e de pós-teste de 10 mm/seg. A taxa de deformação padronizada foi de 35% e a probe utilizada nas medições foi a P10 (Figura 5).



FIGURA 5 - Texturômetro TA-XT Plus e probe P10 utilizados para análise do perfil de textura dos sorvetes funcionais simbióticos.

As amostras foram colocadas na base do equipamento para realização da análise TPA dupla compressão com força normal, para a obtenção dos dados referentes à dureza, adesividade, coesividade, gomosidade, elasticidade, mastigabilidade e resiliência de cada amostra apresentados em gráficos (Figura 6).

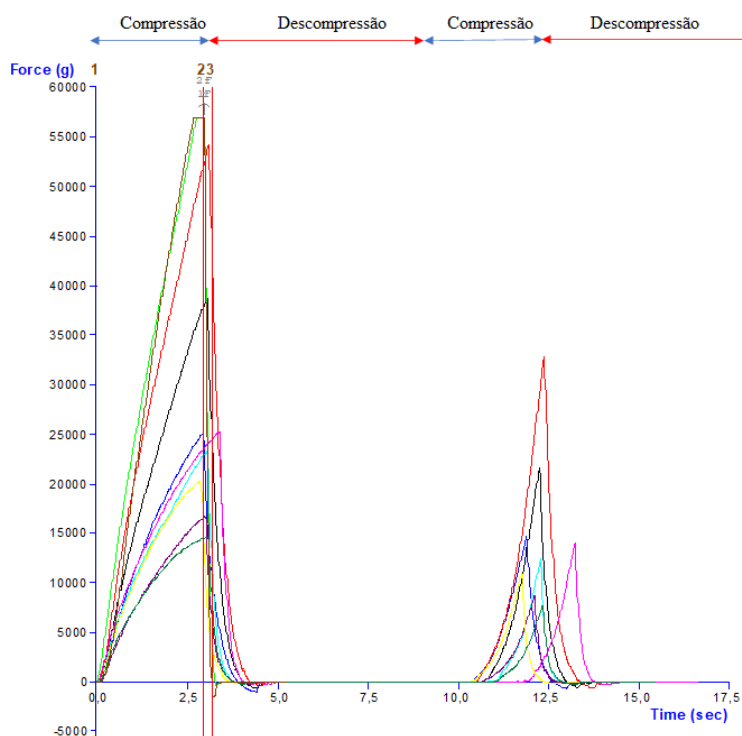


FIGURA 6 - Curva de deformação ao realizar análise do perfil de textura

2.7. Microscopia confocal

As amostras de sorvetes funcionais simbióticos, após o derretimento lento sob refrigeração, foram coradas na proporção 1:1:1 de sorvete, corante Vermelho Nilo (NR, Êxodo, Brasil), para identificação de glóbulos de gordura, e Isotiocianato de Fluoresceína isômero I (FITC, Sigma, Brasil), para identificação de proteínas (Figura 7). Posteriormente, analisadas em Microscópio Confocal TCS SP8 DMi8 Leica® (Leica, Wetzlar, Alemanha) usando objetiva 63x/1.40 com óleo de imersão utilizando o Software LasX 3.5 (Leica Microsystems). Uma gota de cada amostra (50 µL) foi colocada em uma lâmina de vidro, homogeneizada com uma gota da sonda Vermelho Nilo (50 µL) e uma gota da sonda Isotiocianato de Fluoresceína isômero I (50 µL). Em seguida, foram cobertas por uma lamínula, vedada lateralmente com esmalte incolor, antes da aquisição das imagens. As amostras foram excitadas pela linha do laser de argônio em 488 nm. A reação das moléculas de proteínas com a sonda FITC foram analisadas com emissão de 470nm e a reação das moléculas de lipídeos com a sonda Vermelho Nilo foi analisada com emissão de fluorescência medida entre 500 e 600nm. Além disso, imagens foram obtidas por meio de microscopia de contraste diferencial interferencial Normarski (DIC). Foram capturadas imagens de 4 campos diferentes na qual analisou-se FITC e Vermelho Nilo gerando assim quatro imagens: DIC, lipídeos e proteínas. Foram geradas imagens tridimensionais dos espécimes analisados a partir de 40 capturas com profundidade (z) de 10µm total.

Para análise semi-quantitativa, utilizou-se o software Image J (NIH, Bethesda, MD, USA) que possibilitou quantificação dos pixels correspondentes à excitação de cada sonda.

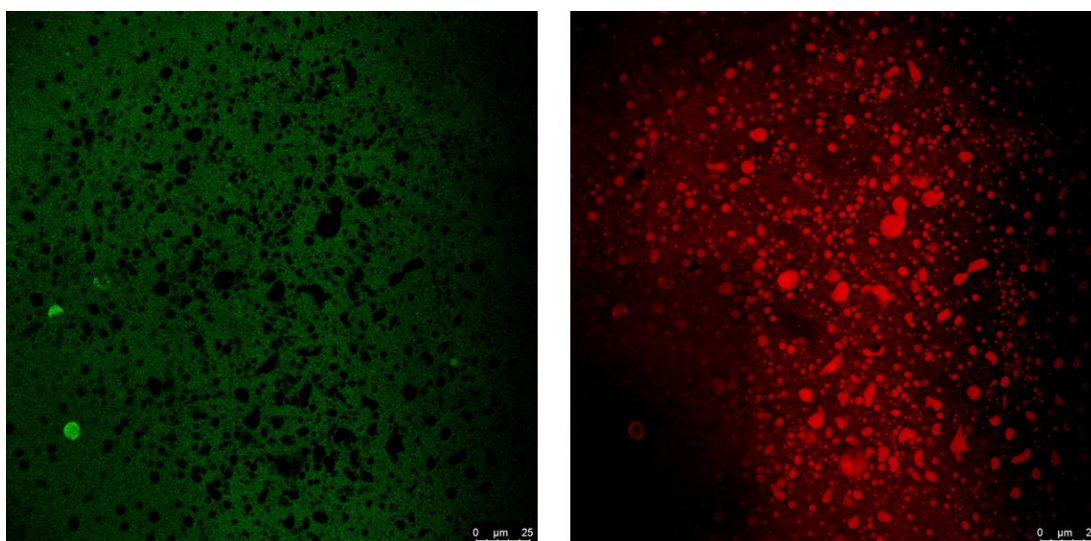


FIGURA 7 - Microscopia confocal de amostra de sorvete corada com Isotiocianato de Fluoresceína isômero I (FITC) para identificação de proteínas (verde, à esquerda) e Vermelho Nilo para identificação de glóbulos de gordura (vermelho, à direita) na amostra.

2.8. Análise Descritiva Quantitativa

A Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) é um dos métodos mais utilizados para caracterização de um novo produto quanto aos parâmetros de intensidade de cor, sabor, aroma, textura e consistência²³, aprimorando a descrição detalhada do produto além de poder ser utilizado para determinação da vida útil do mesmo²⁴. No entanto, para que seja realizada essa análise necessita-se de assessores treinados para identificar e quantificar cada um dos parâmetros e as diferenças entre as amostras com precisão²⁵.

Este estudo foi previamente aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFG sob parecer nº 3.509.927 (Anexo I).

As seis amostras de sorvetes funcionais simbióticos com e sem adição de polpa de cagaita foram submetidos à Análise Sensorial Descritiva.

Dezessete candidatos a provadores foram recrutados e submetidos a perguntas relacionadas quanto às suas disponibilidades de tempo, capacidade de concentração, seus hábitos alimentares, doenças, gestação, alergias e/ou intolerâncias alimentares, tabagismo e se haviam contraído COVID-19, devido às possíveis sequelas relacionadas à alteração do olfato e paladar.

Posteriormente, foram seguidas as etapas descritas a seguir, para que o grupo de provadores estivesse convergente em relação aos parâmetros a serem avaliados.

1. Identificação de gostos básicos;

Para a seleção inicial da equipe, foram convidados dezessete candidatos a provadores, de ambos os sexos, os quais foram avaliados em função de seus desempenhos em teste de reconhecimento de gosto básico. Foram utilizadas quatorze soluções: solução de NaCl 0.8%, 0.15% e 0.47%; sacarose 0.4%, 0.8% e 1.2%; ácido cítrico 0.4%, 0.7% e 1.0%; cafeína 0.3%, 0.6% e 0.9% para identificação dos gostos salgado, doce, azedo e amargo, respectivamente, e 2 soluções de água potável. Os provadores que reconheceram pelo menos duas soluções referentes a cada gosto básico foram pré-selecionados, totalizando 16 provadores ao final do teste.

2. Familiarização dos aromas possivelmente presentes nas amostras;

Foram selecionados os seguintes aromas para realizar essa familiarização: leite, creme de leite, manteiga, leite fervido, cagaita, leite azedo, maracujá, soro em pó, calda de açúcar, manteiga rançosa, leite em pó, açúcar, aroma de baunilha e água.

Foram colocadas porções dos produtos relacionados acima em recipientes plásticos, recobertos por papel alumínio perfurado, para liberação dos aromas no momento do teste. A cada provador, o papel alumínio foi trocado por outro novo, para minimizar os riscos de contaminação pela COVID-19. Os provadores pré-selecionados foram submetidos ao teste onde avaliaram cada uma das amostras quanto ao odor e realizaram o teste de reconhecimento de odores.

3. Levantamento dos termos descritores das amostras;

Após a seleção dos dezesseis julgadores, esses foram treinados para conseguir traçar o perfil sensorial dos sorvetes. Nove amostras de sorvetes, previamente desenvolvidos pelo grupo de pesquisa, foram apresentadas a cada um dos provadores em uma sessão única, permitindo a interação máxima do grupo. A sessão foi conduzida de forma a obter o máximo de termos descritores que pudessem traçar o perfil sensorial, quanto a aparência, aroma, textura e sabor, com o objetivo de eliminar redundâncias, sinônimos ou termos poucos citados.

Os termos que expressaram o mesmo significado foram agrupados em um só atributo, aqueles poucos utilizados foram eliminados, selecionando de forma consensual os termos que melhor descreveram as similaridades e diferenças entre as amostras. Ao final da sessão, foi gerada uma lista de termos descritivos de aparência, aroma, textura e sabor característico, com as respectivas referências de intensidade (Anexo II). Também foi gerada uma ficha de avaliação descritiva das amostras, onde para avaliação da intensidade de cada atributo, foi utilizada uma escala não estruturada de 9 cm, ancorada nos extremos com termos de intensidade como pouco e muito (Anexo III).

4. Treinamento dos termos descritores;

Foi realizado o treinamento dos termos descritores (termos relacionados a intensidade) e análise sensorial das amostras referências (sorvetes comerciais de coco, creme e maracujá) para seleção final da equipe.

Os provadores avaliaram a intensidade de cada termo descritor em três diferentes amostras de sorvetes comerciais (sabor creme, coco e maracujá) que apresentavam diferentes termos descritores levantados pela equipe. Materiais de referência, a tabela com as definições e referências de intensidade dos termos descritivos foram colocados à disposição dos provadores em cada sessão.

Os julgadores avaliaram as amostras de sorvetes, utilizando a ficha, em duas sessões individuais. As amostras foram avaliadas em trios, sob condições de teste (recipiente inodoro, quantidade suficiente, amostras codificadas). Após a avaliação, os resultados dos provadores foram submetidos à análise estatística de forma que os provadores com desvios padrões entre os resultados maior que um foram excluídos e selecionados apenas aqueles que não tiveram diferença estatística pela análise de variância entre os resultados para a mesma amostra, a fim de garantir repetibilidade e reprodutividade aceitáveis.

5. Análise sensorial do perfil dos sorvetes funcionais simbióticos com e sem adição de polpa de cagaita.

O perfil sensorial das seis amostras de sorvetes funcionais simbióticos foi realizado no Laboratório de Pesquisa em Alimentos (CPA/EVZ/UFG) em sala individual, em duplicata, com a equipe treinada e selecionada (7 provadores). As amostras foram servidas em recipientes plásticos inodoros de 200mL codificados, sendo servidas individualmente. As fichas com as definições e referências de cada atributo encontravam-se à disposição dos provadores.

Através dos dados coletados, foi possível, utilizando o software R¹¹, gerar gráficos denominados “radar” ou “aranha”. Estes gráficos consistem na sequência de raios equi-angulares sendo que cada raio representa um parâmetro avaliado (cor, aroma, sabor e textura) das amostras dos sorvetes funcionais simbióticos. Permitindo a visualização gráfica de diferenças e semelhanças entre as intensidades dos descritores das amostras avaliadas pela equipe treinada.

2.6. Análises microbiológicas

As análises microbiológicas para caracterização e avaliação da matéria-prima e dos sorvetes funcionais simbióticos, além da avaliação da viabilidade de *Lactobacillus acidophilus* foram realizadas na primeira semana após a fabricação dos sorvetes, no Laboratório Multiusuário de Microbiologia de Alimentos do Centro de Pesquisa em Alimentos, da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás (CPA/EVZ/UFG) da seguinte forma:

a) Leite pasteurizado, creme pasteurizado, soro em pó, leite em pó e polpa de cagaita: contagem de micro-organismos aeróbios mesófilos, pesquisa de *Salmonella* spp., contagem de bolores e leveduras e contagem de Enterobacteriaceae.

b) Sorvetes funcionais simbióticos: pesquisa de *Salmonella* spp., contagem de Enterobacteriaceae, contagem de *Staphylococcus* coagulase positiva e contagem para avaliação da viabilidade da cultura probiótica de *Lactobacillus acidophilus*

A metodologia descrita no American Public Health Association²⁶ foi utilizada para contagem de Enterobacteriaceae da matéria-prima e dos sorvetes funcionais simbióticos; e para contagem de mesófilos aeróbios e contagem de bolores e leveduras da matéria-prima. A pesquisa para detecção de *Salmonella* spp. seguiu a metodologia descrita na ISO 6579:2002²⁷. Para contagem de *Staphylococcus* coagulase positiva nos dos sorvetes funcionais simbióticos, utilizou-se a metodologia descrita na ISO 6888-1 Part 1²⁸.

Para a análise de *Samonella* spp. uma alíquota de 25 mL, para as amostras líquidas ou viscosas, e 25g para as amostras como soro em pó e leite em pó, foi adicionada a um frasco contendo 225 mL de água tamponada 1%. Posteriormente, cada frasco foi incubado a 37 °C/ 18-20 horas e após o período de incubação, uma alíquota de 0,1 mL era transferida para um tubo contendo 10 mL do meio Rappaport Vassiliadis e uma alíquota de 1 mL era transferida para um tubo contendo 10 mL do meio Tetratationato, sendo em seguida incubados a 41,5 °C e 37 °C, respectivamente, por 24 horas. Após essa etapa, utilizando alças de inoculação, as amostras foram espalhadas no meio ágar de desoxicolato-lisina-xilose (XLD) e ágar bismuto sulfito (BS) e estas foram incubadas invertidas a 37 °C por 24 horas, sendo feita a leitura das placas após esse período.

Para as demais análises, uma alíquota de 25 mL foi adicionada a um frasco contendo 225 mL de água peptonada 0,1% e submetida à diluição seriada utilizando o mesmo diluente e posteriormente seguiu-se com a metodologia específica para análise de cada micro-organismo.

Para contagem de Enterobacteriaceae, utilizou-se o método de plaqueamento em profundidade, inoculando 1 mL da amostra em placas de Petri e posteriormente recobrando e homogeneizando com cerca de 20 mL de meio ágar Violet Red Bile Dextrose (VRBD), sendo incubadas invertidas a 37 °C por 24 horas. Da mesma forma, para contagem de mesófilos aeróbios utilizou-se o método de plaqueamento em profundidade, inoculando 1 mL da

amostra em placas de Petri e posteriormente recobrando e homogeneizando com cerca de 20 mL de meio ágar Plate Count Agar (PCA), sendo incubadas invertidas a 32 °C por 48 horas.

Para contagem de *Staphylococcus* coagulase positiva, uma alíquota de 1 mL foi inoculada em placas de Petri previamente preparadas e secas de ágar Baird-Parker e o inóculo foi espalhado com alça de *Drigalski*, posteriormente foram incubadas invertidas a 37 °C por 48 horas.

Para enumeração de bolores e leveduras, uma alíquota de 0,1 mL foi inoculada em placas de Petri previamente preparadas e secas de ágar Dicloran Rosa Bengala Cloranfenicol (DRBC) e o inóculo foi espalhado com alça de *Drigalski*, posteriormente incubadas a 25°C por 5 dias.

Para contagem da viabilidade de *Lactobacillus acidophilus*, uma alíquota de 1 mL foi inoculada em placas petri e posteriormente recoberta e homogeneizada com cerca de 20 mL do meio ágar De Man, Rogosa e Sharpe (MRS), sendo incubadas invertidas a 37 °C por 72 horas. Para comparar as condições de crescimento da cultura de *Lactobacillus acidophilus* dos sorvetes, as amostras foram incubadas em microaerofilia.

2.7. Análise estatística

Os resultados das análises físico-químicas foram submetidos ao teste de análise de variância (ANOVA), com delineamento experimental inteiramente casualizado. A comparação de médias foi realizada utilizando o teste Scott-Knott, ao nível de 5% de significância de significância, através do software R¹¹. A Análise de Componentes Principais (ACP) foi utilizada para analisar as correlações entre variáveis, utilizando o software R.

Os resultados das análises microbiológicas foram analisados de forma descritiva. Sendo que, os resultados da viabilidade de *Lactobacillus acidophilus* foram avaliados por meio de escala logarítmica.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Caracterização físico-química e microbiológica da matéria-prima

Os ingredientes utilizados na fabricação dos sorvetes funcionais simbióticos foram analisados, a fim de caracterizar os aspectos físico-químicos e microbiológicos da matéria-prima no momento de sua utilização. Nas tabelas a seguir estão apresentados os resultados médios das análises físico-químicas (Tabela 1) e microbiológicas (Tabela 2) dos processos.

TABELA 1 - Caracterização físico-química da matéria-prima utilizada na fabricação de sorvetes funcionais simbióticos (média $\pm$ desvio padrão, n=3)

Análises físico-químicas	Matéria-prima				
	Leite pasteurizado	Creme pasteurizado	Soro em pó	Leitelho em pó	Polpa de cagaita
pH	6.880 $\pm$ 0.014 ^a	6.800 $\pm$ 0.014 ^b	6.140 $\pm$ 0.014 ^d	6.475 $\pm$ 0.007 ^c	3.255 $\pm$ 0.007 ^e
Acidez (g/100g)	0.140 $\pm$ 0.003 ^d	0.120 $\pm$ 0.001 ^d	1.720 $\pm$ 0.044 ^b	2.105 $\pm$ 0.006 ^a	0.935 $\pm$ 0.007 ^c
Umidade (%)	88.490 $\pm$ 0.002 ^b	55.535 $\pm$ 0.036 ^c	5.435 $\pm$ 0.874 ^e	6.435 $\pm$ 0.159 ^d	91.430 $\pm$ 0.062 ^a
Cinzas (%)	0.755 $\pm$ 0.011 ^c	0.455 $\pm$ 0.010 ^d	4.605 $\pm$ 0.015 ^b	7.790 $\pm$ 0.004 ^a	0.335 $\pm$ 0.032 ^e
Proteína (%)	3.045 $\pm$ 0.018 ^c	2.815 $\pm$ 0.434 ^c	12.125 $\pm$ 0.216 ^b	29.280 $\pm$ 1.173 ^a	3.155 $\pm$ 0.232 ^c
Lipídeos (%)	3.350 $\pm$ 0.070 ^c	41.500 $\pm$ 0.707 ^a	1.960 $\pm$ 0.261 ^d	9.340 $\pm$ 0.475 ^b	0.370 $\pm$ 0.002 ^e
Lactose (%)	5.255 $\pm$ 0.137 ^c	2.690 $\pm$ 0.151 ^d	37.890 $\pm$ 0.013 ^b	46.265 $\pm$ 0.184 ^a	n.d. ¹

As médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma linha não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste Scott-Knott.

¹Não detectado.

Em relação aos parâmetros físico-químicos, foi possível observar que todos os ingredientes utilizados se encontravam dentro dos padrões exigidos pelas legislações vigentes específicas²⁹⁻³¹. Assim como nos Capítulos 2 e 3, teve-se o cuidado com a neutralidade do valor de pH dos ingredientes, visto que caso se estivesse próximo ao ponto isoelétrico da caseína (pH=4.7) poderia ocorrer a precipitação de proteínas ao realizar o tratamento térmico da calda e consequentemente, levar a formação de grumos³².

Vale ressaltar que o teor de proteínas observado no soro e leiteiro ao serem transpassados para as formulações, contribui significativamente para a formação e estabilização da estrutura do sorvete, além de agregar valor nutricional e funcional por possuírem proteínas com alto valor biológico.

Acerca da polpa de cagaita, teve-se como base a legislação para o gênero *Eugenia* spp. descrita na Instrução Normativa nº 37 de 1 de outubro de 2018³³, que estava dentro dos parâmetros avaliados. No mesmo sentido, apesar do leiteiro ainda não possuir regulamento para identidade e qualidade em relação às suas características físico-químicas e microbiológicas, segue-se como base a legislação para o soro em pó.

TABELA 2 - Caracterização microbiológica da matéria-prima, utilizada na fabricação de sorvetes funcionais simbióticos (n=2)

Matéria-prima	Análises microbiológicas			
	<i>Salmonella</i> spp. (UFC/ mL em 25g)	Contagem de Enterobacteriae (UFC/ mL)	Contagem de aeróbios mesófilos (UFC/ mL)	Bolores e Leveduras (UFC/ mL)
Leite past.	Ausência	<10	<3 X 10 ⁴	<100
Crema past.	Ausência	<10	> 10 ⁵	<100
Soro em pó	Ausência	<10	<3 X 10 ⁴	<100
Leiteiro em pó	Ausência	<10	<3 X 10 ⁴	<100
Referência¹	Ausência	<10	<3 X 10⁴	<100
Polpa de cagaita	Ausência	<10	<3 X 10 ⁴	<100
Referência²	Ausência	<10	*	<100

¹ Instrução Normativa nº 60, de 23 de dezembro de 2019. ² Instrução Normativa nº 49, de 26 de setembro de 2018. * não possui valor de referência.

Seguindo o mesmo comportamento observado nos Cap.2 e Cap.3, quanto aos parâmetros microbiológicos, o creme de leite pasteurizado apresentou alta contagem de aeróbios mesófilos. No entanto, na Instrução Normativa nº 60, de 23 de dezembro de 2019³⁴ o padrão microbiológico desse micro-organismo não é requerida para esse tipo de produto, não sendo especificado o valor máximo permitido nessa legislação.

Foi possível observar que ao submeter as caldas dos sorvetes funcionais simbióticos ao tratamento térmico (72-75 °C/30min), a contaminação identificada no creme, foi eliminada durante essa etapa, não sendo observada, através das análises microbiológicas, contaminação dos sorvetes produzidos.

Os demais ingredientes se encontravam dentro dos padrões estabelecidos pela legislação^{34,35} e alinhados às boas práticas de fabricação.

3.2. Caracterização físico-química dos sorvetes funcionais simbióticos

A caracterização físico-química dos sorvetes funcionais simbióticos na primeira semana após a sua fabricação, estão apresentados na Tabela 3

TABELA 3 – Caracterização físico-química dos sorvetes funcionais simbióticos (média ± desvio padrão, n =3)

Formulações ¹	Leite/Creme pasteurizado (%)	Soro (%)	Leitelho (%)	Polpa de cagaita (%)	pH	Acidez (g/100g)	Umidade (g/100g)	Cinzas (g/100g)	Proteína (g/100g)	Lipídeos (g/100g)	Lactose (g/100g)
WP26.70	62.30	26.70	0.00	0.00	6.060±0.000 ^b	0.525±0.000 ^b	48.390±0.115 ^e	1.515±0.046 ^e	5.325±0.171 ^e	11.755±0.782 ^c	22.855±1.489 ^a
BMP26.70	62.30	0.00	26.70	0.00	6.190±0.000 ^a	0.590±0.001 ^a	48.555±0.159 ^e	2.435±0.011 ^a	9.865±0.133 ^a	12.480±0.082 ^b	14.630±0.608 ^d
WBMP13.35	62.30	13.35	13.35	0.00	6.195±0.007 ^a	0.550±0.000 ^b	49.265±0.330 ^d	1.945±0.060 ^c	7.700±0.507 ^c	13.245±0.133 ^a	17.750±0.208 ^c
WPC20.70	48.30	20.70	0.00	20.00	5.825±0.007 ^d	0.535±0.330 ^b	56.240±0.060 ^a	1.290±0.025 ^f	4.620±0.199 ^f	10.710±0.041 ^e	19.975±0.866 ^b
BMPC20.70	48.30	0.00	20.70	20.00	6.045±0.000 ^b	0.600±0.001 ^a	55.645±0.005 ^c	2.060±0.029 ^b	8.525±0.159 ^b	11.940±0.186 ^c	15.110±1.529 ^d
WBMPC10.35	48.30	10.35	10.35	20.00	5.965±0.000 ^c	0.580±0.002 ^a	55.855±0.034 ^b	1.645±0.024 ^d	6.195±0.257 ^d	11.245±0.215 ^d	18.920±0.340 ^b

As médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste Scott-Knott.

¹Todas as formulações continham 5% de açúcar cristal e 5% de inulina.

Houve diferença significativa ($p < 0.05$) entre as amostras quanto aos parâmetros físico-químicos avaliados, sendo essa diferença relacionada diretamente com as concentrações dos ingredientes que compõem cada formulação. No entanto, a adição de 5% de prebiótico não alterou de forma significativa os parâmetros físico-químicos dos sorvetes.

As formulações apresentaram pH entre 5.82 e 6.19, sendo valores similares encontrados por Costa²¹ para sorvetes simbióticos de açaí com 4% de inulina e valores superiores aos encontrados por Akalin e Erisir³⁶ para sorvetes simbióticos com 4% de inulina. As formulações fabricadas com polpa de cagaita (20%) apresentaram menor valor de pH quando comparadas com as demais. Dentre as formulações sem adição de polpa de cagaita (WP26.70, BMP26.70 e WBMP13.35) a formulação fabricada apenas com soro apresentou menor valor de pH, seguindo o mesmo comportamento dos sorvetes probióticos (Capítulo 3). A correlação negativa entre o teor de polpa de cagaita, o teor de soro e o valor de pH é também evidenciado na Tabela 4.

Em relação ao teor de umidade, houve variação entre 48.39% e 53.24%. As formulações com adição de polpa (WPC20.70, BMPC20.70 e WBMPC10.35) apresentaram maior teor de umidade ao serem comparadas com as que foram fabricadas sem polpa de cagaita. A polpa de cagaita apresenta alto teor de umidade (91.430 ± 0.062), sendo valor superior ao dos demais ingredientes (leite, creme, soro e leiteiro) utilizados na fabricação dos sorvetes (Tabela 1). Assim, tem-se uma alta correlação positiva entre a polpa de cagaita e o teor de umidade e correlação negativa entre os demais ingredientes e o parâmetro avaliado (Tabela 4). Costa²¹ observou valores superiores entre 62.31% e 66.50% de teor umidade para sorvetes simbióticos fabricados com 20% de polpa de açaí, no entanto, para fabricação desses sorvetes foi utilizado 45% de água, contribuindo diretamente para o aumento do teor de umidade desses sorvetes. No mesmo sentido, sorvetes fabricados por Sousa²² com 20% de polpa de graviola, apresentaram altos teores de umidade, entre 65.89% a 73.12% , utilizando também na composição dos sorvetes, água entre 42.07% a 53.57%. E Meneses et al.³⁷, apesar de não utilizar água para fabricação de sorvetes, ao substituir o leite em sorvetes por soro e leiteiro líquido, observou aumento no teor de umidade, porém como já citado, foram utilizados coprodutos em sua forma líquida e com maior teor de umidade, ao contrário do soro e leiteiro, na apresentação em pó, que foram utilizados neste trabalho.

TABELA 4 - Coeficiente de correlação de Pearson entre matéria-prima e parâmetros físico-químicos

Matéria-prima	pH	Acidez	Umidade	Cinzas	Proteína	Lipídeos	Lactose
Leite/Creme	0.793	-0.295	-0.996	0.387	0.323	0.730	0.726
Soro	-0.408	-0.966	-0.132	-0.845	-0.882	-0.351	0.969
Leitelho	0.649	0.876	-0.170	0.966	0.980	0.573	-0.947
Polpa de cagaita	-0.793	0.295	0.996	-0.397	-0.323	-0.730	-0.07

*O coeficiente de correlação de Pearson pode variar em termos de valor de -1 a +1

As proteínas interferem em diversos aspectos, como na viscosidade dos sorvetes, no equilíbrio termodinâmico, na estabilização da estrutura formada durante o batimento e congelamento, além de atuar sobre o tempo de derretimento desse alimento³⁸. Além disso, conferem alta densidade nutricional ao produto, sendo enaltecido e valorizado pelo mercado consumidor atual. Assim, constituem um parâmetro de alta relevância na fabricação de sorvetes.

Em relação ao teor de proteína, a alta correlação positiva foi estabelecida com a concentração de leitelho e a correlação negativa mais significativa é com a concentração de soro (Tabela 4). Desta forma, as formulações com maiores concentrações de soro WP26.70 e WPC20.70, obtiveram os menores teores de proteína total, 5.325 ± 0.171 e 4.620 ± 0.199 , respectivamente. Os sorvetes simbióticos BMP26.70 e BMPC20.70, com maiores teores de leitelho em sua composição, foram as que apresentaram maiores teores de proteína total, sendo 9.865 ± 0.133 e 8.525 ± 0.159 , respectivamente. E as formulações com ambos os coprodutos em sua composição, apresentaram teores de proteína intermediários entre as amostras avaliadas.

Em trabalho desenvolvido por Meneses et al.³⁷, essa relação também foi observada ao substituírem o leite por soro líquido e leitelho líquido, usando diferentes concentrações, em sorvetes. Os autores obtiveram teor de proteína numericamente superior para os sorvetes com maior concentração de leitelho, quando comparados com os demais. Essa correlação entre leitelho e teor de proteínas é evidenciada na Figura 8, em que através da Análise de Componentes Principais observa-se a influência dos ingredientes sobre os parâmetros físico-químicos.

A alta correlação positiva entre as variáveis, matéria-prima e parâmetros físico-químicos, é demonstrada pela maior proximidade entre elas, e a correlação negativa é visualizada quando as variáveis se encontram em quadrantes opostos.

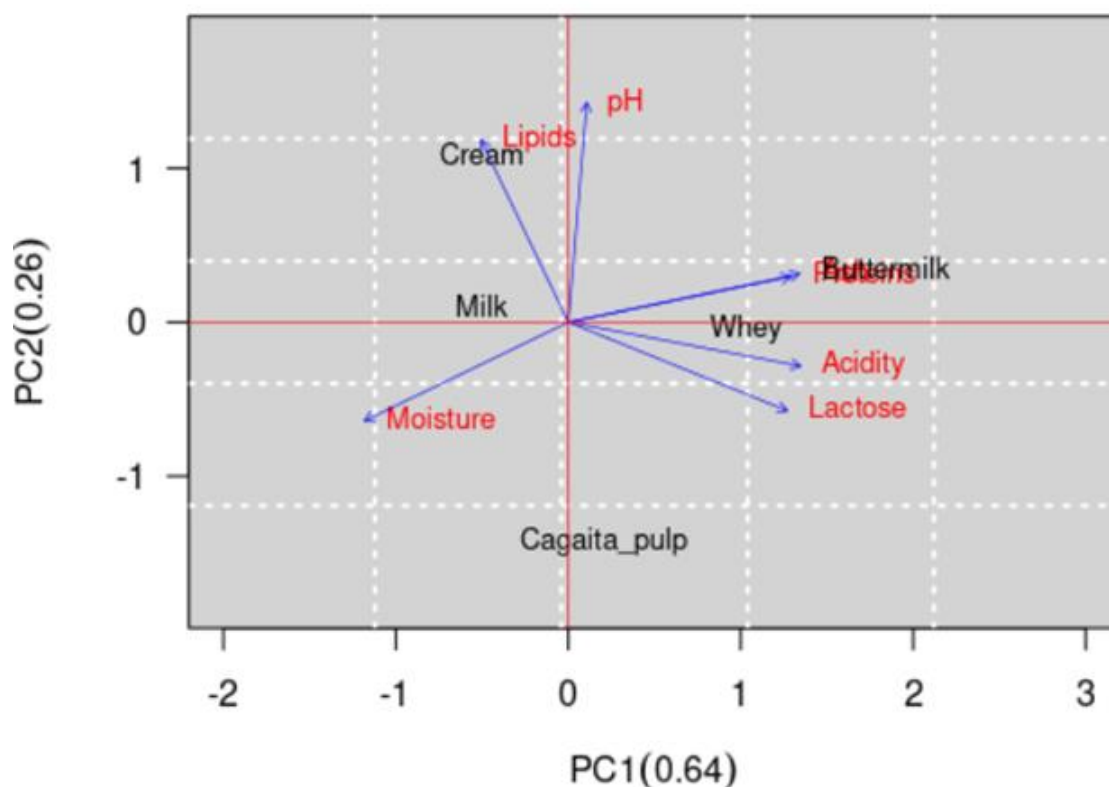


FIGURA 8 - Comparação da correlação estabelecida entre os ingredientes e os parâmetros físico-químicos

De acordo com o exposto e discutido no Capítulo 2 e no Capítulo 3, a gordura desempenha papel fundamental nos aspectos tecnológicos e sensoriais dos sorvetes^{39,40}. E agregam valor funcional ao produto, em virtude, em especial, do teor de ácidos graxos relacionados à efeitos benéficos ao organismo mesmo em pequenas concentrações. Logo, trata-se de um parâmetro de grande relevância para esse tipo de derivado lácteo.

Os sorvetes funcionais simbióticos apresentaram teor de lipídeos entre 10.71% e 13.24%, sendo categorizadas em sorvetes padrão a *premium*, com teor de gordura entre 10 - 12% e 12 – 14%³⁹, respectivamente. Sendo que apenas os sorvetes WPC20.70 e WBMPC10.35 foram categorizadas em sorvetes padrão. Esses valores foram superiores à da maioria dos trabalhos desenvolvidos com sorvetes^{21,22,37,41,42}. Visto que, têm tido como foco sorvetes com reduzido teor de gordura ou sorvetes com substituição parcial ou total da gordura láctea.

No entanto, neste trabalho, como já citado, visando as propriedades benéficas que o consumo de gordura láctea proporciona por ser fonte de ácidos graxos⁴³, como o ácido butírico, associado a efeitos benéficos à mucosa intestinal⁴⁴ e o ácido linoleico conjugado, que apresenta efeito antiaterotogênico⁴⁵, além de outros ácidos graxos

essenciais que promovem efeitos benéficos relevantes, a gordura láctea auxilia também na absorção de vitaminas lipossolúveis (A,D e E). Assim, o teor de lipídeos elevado é pretendido, neste estudo, para explorar e exaltar os efeitos benéficos da gordura láctea, os efeitos positivos sobre os aspectos tecnológicos, sensoriais e aspectos microbiológicos, no sentido de promover proteção física à cepa probiótica dos sorvetes tanto em relação ao congelamento quanto à tolerância durante a passagem pelo trato gastrointestinal⁴⁶.

Os sorvetes simbióticos compostos por *Lactobacillus acidophilus* e inulina fabricados nos trabalhos desenvolvidos por Akalin e Erisir³⁶ e por Sousa²² apresentam teor de gordura entre 4% e 7% sendo formulações classificadas nas categorias de sorvetes *light* (2 a 5% de gordura) e sorvetes com baixo teor de gordura (5 a 7% de gordura)³⁹.

Os sorvetes com soro em sua composição, especialmente o sorvete WP26.70, apresentaram maiores teores de lactose (Figura 9). Os sorvetes simbióticos com maiores concentrações de leiteinho (BMP26.70 e BMPC20.70) apresentaram correlação negativa com o teor de lactose (Figura 9), sendo um resultado equiparado ao evidenciado na Tabela 4 ao estabelecer a correlação entre o leiteinho e o teor de lactose dos sorvetes (-0.947).

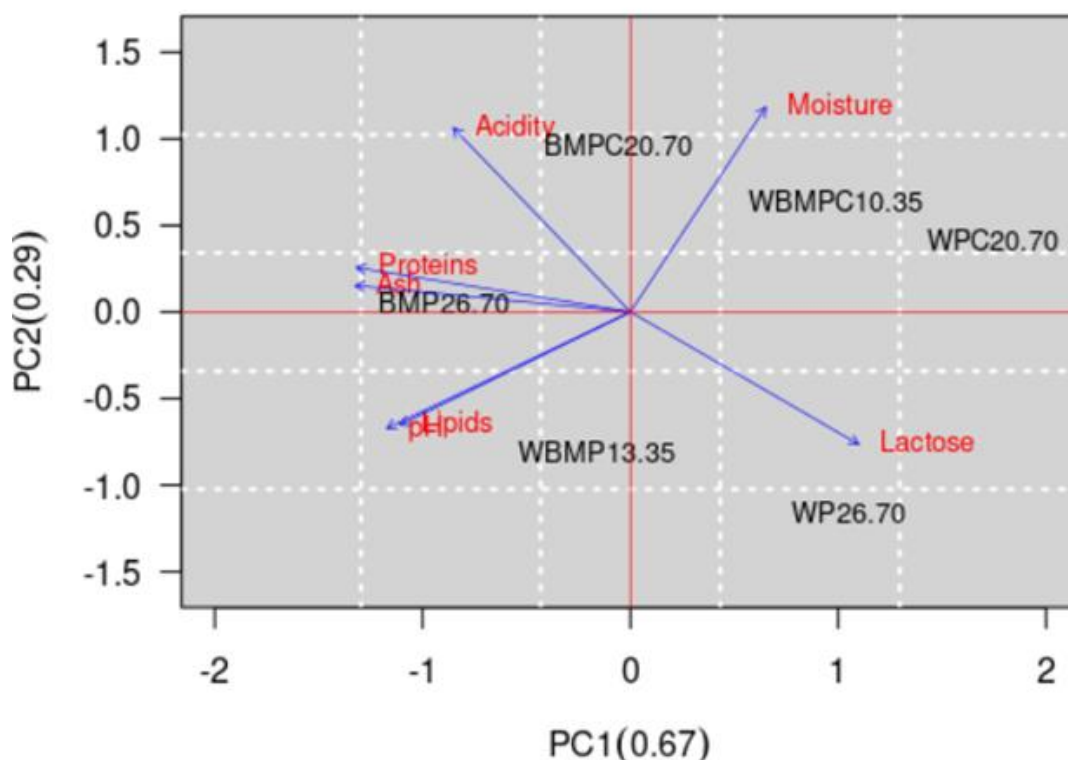


FIGURA 9 - Comparação da correlação estabelecida entre as formulações de sorvetes funcionais simbióticos e os parâmetros físico-químicos

WP26.70: 62.30% leite/creme e 26.70% de soro; **BMP26.70:** 62.30% de leite/creme e 26.70% de leiteinho; **WBMP13.35:** 62.30% de leite/creme, 13.35% de soro e 13.35% de leiteinho; **WPC20.70:** 48.30% de leite/creme, 20.70% de soro e 20% de polpa de cagaita; **BMPC20.70:** 48.30% de leite/creme, 20.70% de leiteinho e 20% de polpa de cagaita; **WBMP10.35:** 48.30% de leite/creme, 10.35% de soro, 10.35% de leiteinho e 20% de polpa de cagaita. Todas as formulações continham 5% de açúcar cristal e 5% de inulina.

As correlações discutidas são evidenciadas através do gráfico de Análise de Componentes Principais entre as formulações e os parâmetros físico-químicos (Figura 9).

Assim, como já esperado, apesar da substituição parcial do açúcar por prebiótico, os sorvetes apresentaram comportamento semelhante aos sorvetes probióticos. As formulações com adição de polpa de cagaita (WPC20.70, BMPC20.70 e WBMPC10.35) estão relacionadas com maiores teores de umidade, maiores valores numéricos de acidez e menores valores de pH. As formulações com maior concentração de leiteiro estão relacionadas com maior teor de proteína e menor teor de lactose, sendo uma relação inversa com esses parâmetros, quando se trata das formulações com maior concentração de soro. E as formulações tanto com soro quanto com leiteiro em sua composição, apresentam poucas semelhanças em virtude da adição de polpa de cagaita em uma dessas amostras. Corroborando com a análise de variância (Tabela 3) dos parâmetros físico-químicas dos sorvetes.

3.2.1. Overrun

Os resultados dos sorvetes funcionais simbióticos para análise de *overrun*, estão apresentados na Tabela 5.

TABELA 5 - Valores de *overrun* (%) obtidos para as diferentes formulações de sorvetes funcionais simbióticos após a etapa de batimento e congelamento (n=2)

Formulações ¹	Leite/ Creme pasteurizado (%)	Soro (%)	Leitelho (%)	Polpa de cagaita (%)	Overrun (%)
WP26.70	62.30	26.70	0.00	0.00	26.64 ± 0.02 ^b
BMP26.70	62.30	0.00	26.70	0.00	28.30 ± 0.01 ^a
WBMP13.35	62.30	13.35	13.35	0.00	25.84 ± 0.04 ^c
WPC20.70	48.30	20.70	0.00	20.00	24.64 ± 0.91 ^d
BMPC20.70	48.30	0.00	20.70	20.00	25.51 ± 0.03 ^d
WBMPC10.35	48.30	10.35	10.35	20.00	24.76 ± 0.22 ^d

As médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste Scott-Knott.

¹Todas as formulações continham 5% de açúcar cristal e 5% de prebiótico.

Houve diferença estatística ($p < 0.05$) entre os sorvetes para a análise de incorporação de ar. As porcentagens de *overrun* dos sorvetes fabricados variaram entre

24.54% e 28.30%, apresentando *overrun* numericamente inferior aos sorvetes probióticos (Cap.3), porém apresentaram também, numericamente, menores teores de lipídeos. No entanto, a taxa de incorporação de ar nos sorvetes desenvolvidos resultou das características de composição de cada formulação, pois com a sorveteira utilizada, não havia como controlar a taxa de incorporação de ar nesses sorvetes.

Uma maior incorporação de ar nos sorvetes, propicia uma textura mais leve e pode influenciar as propriedades físicas de derretimento e textura do produto⁴². Consequentemente, influencia nas propriedades sensoriais dos sorvetes.

A adição de inulina em sorvetes pode provocar modificações na taxa de incorporação de ar, ao melhorar a viscosidade e propiciar uma textura mais suave aos sorvetes⁴² e consequentemente o aumento do valor de *overrun*. Porém, apesar dos sorvetes apresentarem 5% de prebiótico, as amostras não apresentaram aumento na taxa de incorporação de ar quando comparadas aos sorvetes probióticos (Capítulo 3).

De forma similar, em trabalho realizado por Di Criscio et al.⁵ a adição de 3% e 6% de inulina nos sorvetes probióticos, que obtiveram valor de *overrun* entre 41.6% a 43.3%, não apresentou diferença estatística em relação ao sorvete controle (43.2% de *overrun*). Sendo válido ressaltar que os valores baixos de *overrun* podem ser associados ao método de fabricação utilizado bem como o tipo de sorveteira. Visto que, a produção de sorvetes por meio do modo contínuo e não por batelada, como ocorreu neste trabalho, é mais eficiente para a incorporação de ar no produto⁴⁷. Assim, a taxa de incorporação de ar nos sorvetes simbióticos pode estar mais relacionada com o método de fabricação do que pela adição de inulina nos sorvetes.

Porém, resultados diferentes foram encontrados por Akalin e Erisir³⁶ que obteve para sorvete simbiótico contendo 4% de inulina, valor de *overrun* de 50.6% , por Costa²¹ que obteve para sorvete de açaí com 2% de inulina valor de *overrun* de 39.18% e por Sousa²² que para sorvetes com 6% de inulina obteve taxa de incorporação de ar de 30 a 35%.

De forma semelhante ao observado por Faresin⁴², no presente trabalho, os sorvetes, com maior teor de leite/creme (62.30%) e teores de lipídeos consideráveis, apresentaram maior valor de *overrun*. As formulações com adição de polpa (WPC20.70, BMPC20.70 e WBMPC10.35) apresentaram menores valores de *overrun*.

Essa correlação, da mesma forma que explicitada no Cap.3, ocorreu provavelmente em virtude da adição da polpa de cagaita promover redução proporcional na concentração do teor de gordura dos sorvetes. Assim, a quantidade de gordura

disponível para promover a formação da microestrutura coloidal através do aprisionamento e estabilização das bolhas de ar incorporadas, estava reduzida³⁹. E consequentemente, resultou em uma menor taxa de incorporação de ar⁴³.

Nesse sentido, essa taxa de incorporação de ar mais baixa está relacionada com sorvetes com menor teor de gordura.

Da mesma forma que observado por Ramos et al.⁴¹, ao desenvolver sorvetes com adição de leiteiro, e como observado no Capítulo 3 o sorvete com alta concentração de leiteiro (BMP26.70) apresentou alta taxa de incorporação de ar ($28.30\% \pm 0.01$), dentre as formulações avaliadas, provavelmente relacionado com a presença de grande quantidade de fosfolípidos que constituem o leiteiro⁴¹.

O *overrun* influencia diretamente na textura e na velocidade de derretimento dos sorvetes, como discutido no capítulo anterior. E de forma similar, os sorvetes com menor teor de gordura, apresentaram menor valor de *overrun* e menor velocidade de derretimento. Sendo um comportamento similar ao sorvetes desenvolvidos por Szkolnicka⁴⁸.

3.2.2. Teste de velocidade de derretimento

O comportamento dos sorvetes durante o derretimento foi demonstrado através de gráficos do peso de sorvete drenado *versus* o tempo, por meio regressão logística (Figura10), em virtude das amostras não apresentarem linearidade durante o derretimento. De forma que, em determinados espaços de tempo, o derretimento ocorria mais rapidamente (Tabela 6), apresentando o mesmo comportamento dos sorvetes do Cap. 2 e Cap.3.

TABELA 6 - Comportamento dos sorvetes funcionais simbióticos durante o teste de velocidade de derretimento (g/min, a cada 10 minutos)

Tempo (min)	Formulações					
	WP26.70	BMP26.70	WBMP13.35	WPC20.70	BMPC20.70	WBMPC10.35
10'	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
20'	1.06	0.95	1.00	0.00	0.31	0.02
30'	2.92	2.79	2.90	0.07	1.68	0.74
40'	4.52	4.47	4.44	0.16	3.34	1.88
50'	4.61	4.70	4.90	0.24	4.60	3.16
60'	—	—	—	0.35	—	3.40

WP26.70: 62.30% leite/creme e 26.70% de soro; **BMP26.70:** 62.30% de leite/creme e 26.70% de leiteiro; **WBMP13.35:** 62.30% de leite/creme, 13.35% de soro e 13.35% de leiteiro; **WPC20.70:** 48.30% de leite/creme, 20.70% de soro e 20% de polpa de cagaita; **BMPC20.70:** 48.30% de leite/creme, 20.70% de leiteiro e 20% de polpa de cagaita; **WBMPC10.35:** 48.30% de leite/creme, 10.35% de soro, 10.35% de leiteiro e 20% de polpa de cagaita. Todas as formulações continham 5% de açúcar cristal e 5% de inulina.

As formulações apresentaram boa estabilidade e baixa taxa de derretimento durante os primeiros 20 minutos de análise. Sendo que, as formulações com polpa de cagaita, apresentaram maior derretimento somente após 40 minutos de análise. Apenas as formulações WPC20.70 e WBMPC10.35 apresentaram tempo de derretimento superior a 50 minutos, apresentando ao final da análise uma emulsão que ficou retida na peneira (Figura 11).

O aumento no teor de umidade dos sorvetes por influência da polpa de cagaita alinhado com a capacidade de ligação água-gordura promovida pelo leiteiro, proporcionou um maior aprisionamento de água pela matriz. Assim como uma maior estabilidade da estrutura foi promovida pela presença de β -lactoglobulina do soro. Desta forma é possível inferir a sinergia entre as propriedades do soro em pó e do leiteiro em pó com a polpa de cagaita em sorvetes, contribuem para uma menor velocidade de derretimento.

É possível inferir que as formulações, por apresentarem 5% de prebiótico em sua composição, obtiveram maior resistência ao derretimento quando comparadas com as formulações apresentadas no Cap.3. Essa mesma relação foi possível observar em trabalho desenvolvido por Akalin e Erisir³⁶ que ao incrementarem os sorvetes probióticos com 4% de inulina, obtiveram amostras com características de textura aprimoradas, ficando mais cremosas e apresentando maior resistência ao derretimento. Essa consequência do uso de inulina nos sorvetes é relacionada à propriedade de gelatinização desse prebiótico, que melhora a consistência e promove maior estabilidade da matriz ao interagir com as proteínas, especialmente com as proteínas do soro, e retardam o derretimento dos sorvetes³⁶.

A taxa de velocidade de derretimento dos sorvetes simbióticos deste trabalho foi menor do que dos sorvetes desenvolvidos com 2.5%, 5% e 10% de inulina em trabalho realizado por Di Criscio et al.⁵ que obteve taxa de derretimento de 1.98 a 2.50 g/min. Isso pode ser relacionado com a maior interação da inulina com o soro, com o leiteiro e com a polpa de cagaita, favorecendo uma maior resistência ao derretimento dos sorvetes apresentados neste trabalho.

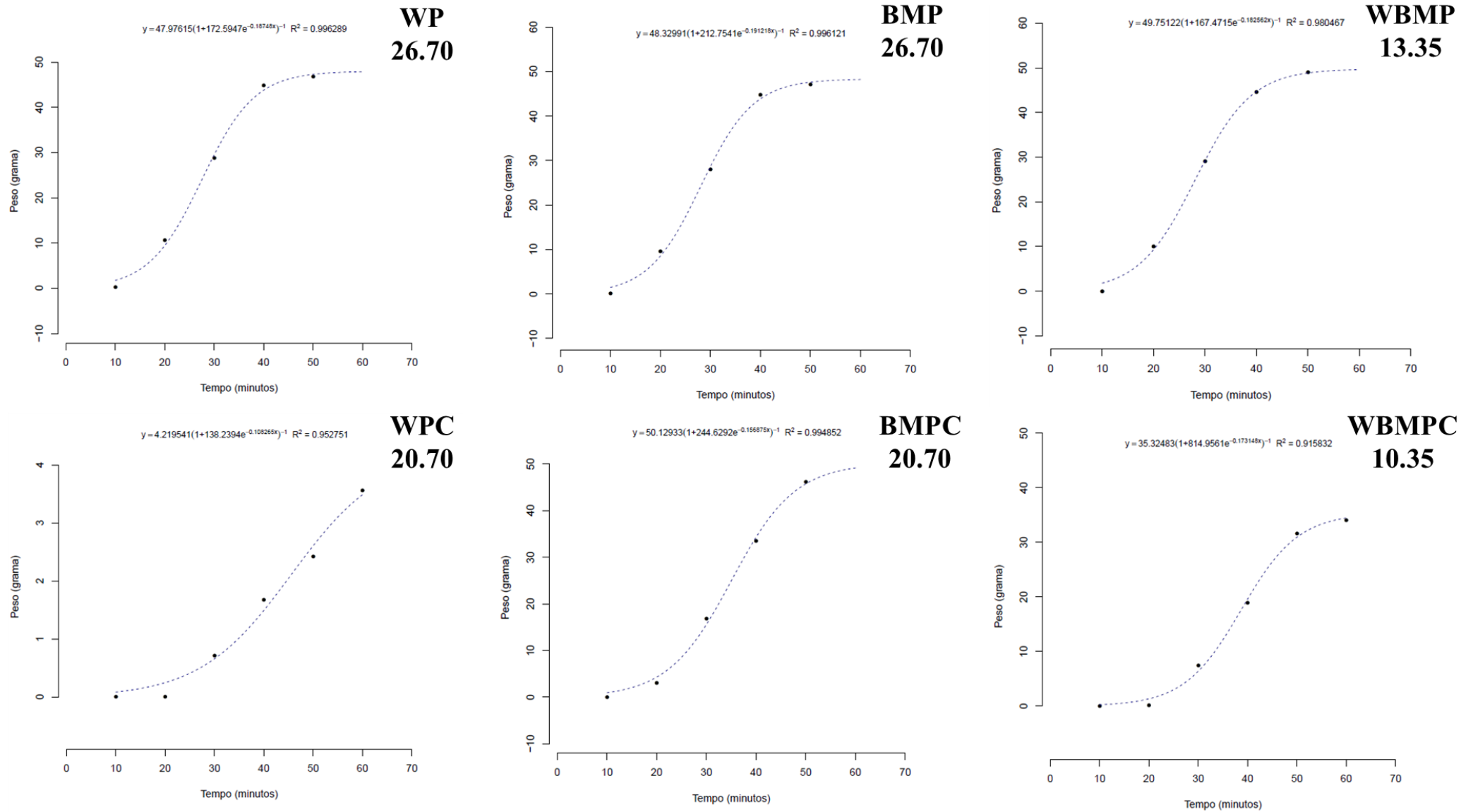


FIGURA 10 - Teste de velocidade de derretimento dos sorvetes funcionais simbióticos

WP26.70: 62.30% leite/creme e 26.70% de soro; **BMP26.70:** 62.30% de leite/creme e 26.70% de leiteinho; **WBMP13.35:** 62.30% de leite/creme, 13.35% de soro e 13.35% de leiteinho; **WPC20.70:** 48.30% de leite/creme, 20.70% de soro e 20% de polpa de cagaita; **BMPC20.70:** 48.30% de leite/creme, 20.70% de leiteinho e 20% de polpa de cagaita; **WBMPC10.35:** 48.30% de leite/creme, 10.35% de soro, 10.35% de leiteinho e 20% de polpa de cagaita. Todas as formulações continham 5% de açúcar cristal e 5% de inulina.

Seguindo o mesmo comportamento das formulações do Cap.3, os sorvetes simbióticos com adição de 20% de polpa de cagaita foram os que apresentaram menor velocidade de derretimento (Figura 10).

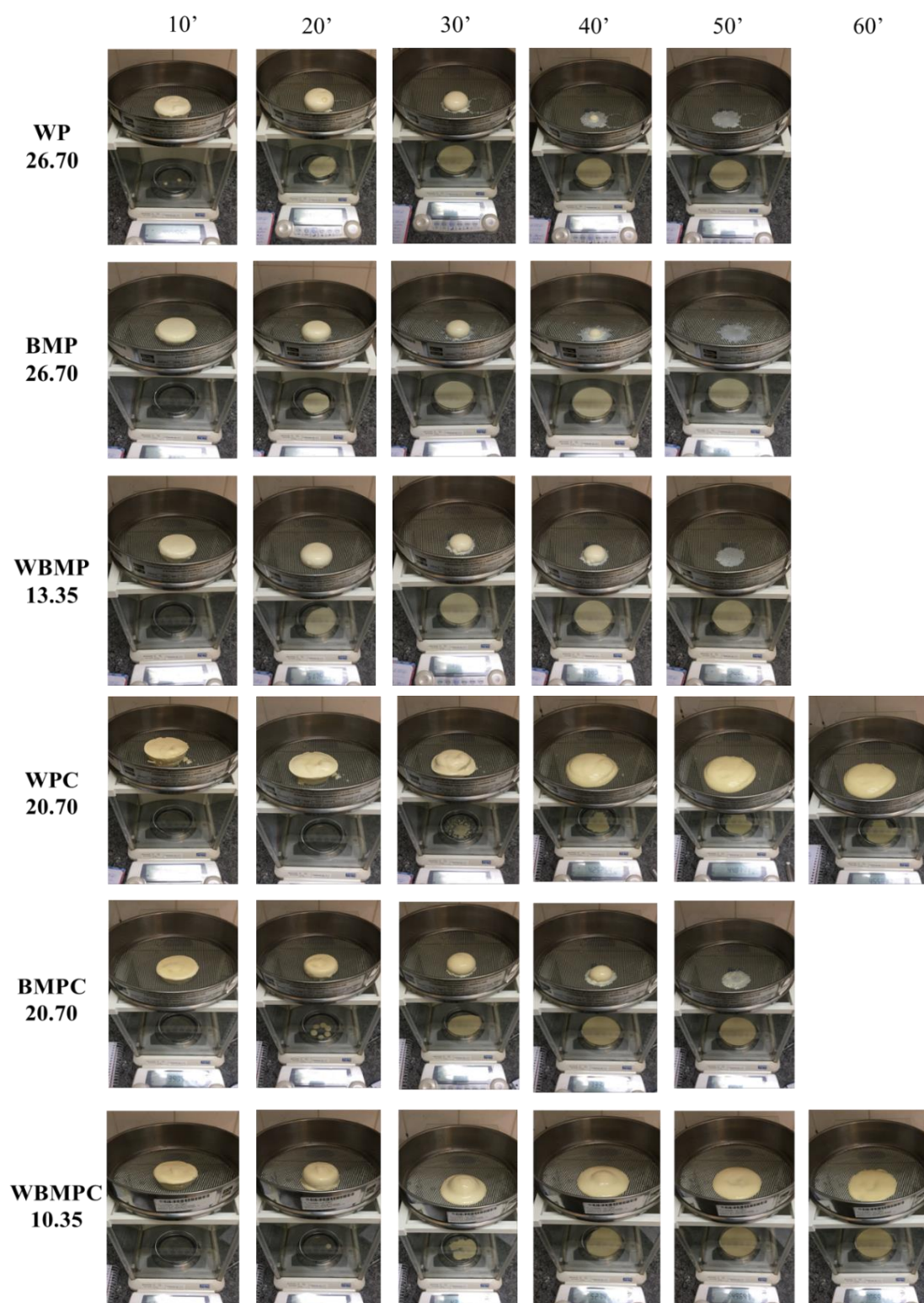


FIGURA 11 - Comparação entre os comportamentos das amostras de sorvetes funcionais simbióticos sem adição de polpa de cagaita e com adição de polpa de cagaita, a cada 10 minutos, no teste de velocidade de derretimento durante 60 minutos.

WP26.70: 62.30% leite/creme e 26.70% de soro; **BMP26.70:** 62.30% de leite/creme e 26.70% de leiteiro; **WBMP13.35:** 62.30% de leite/creme, 13.35% de soro e 13.35% de leiteiro; **WPC20.70:** 48.30% de leite/creme, 20.70% de soro e 20% de polpa de cagaita; **BMPC20.70:** 48.30% de leite/creme, 20.70% de leiteiro e 20% de polpa de cagaita; **WBMPC10.35:** 48.30% de leite/creme, 10.35% de soro, 10.35% de leiteiro e 20% de polpa de cagaita. Todas as formulações continham 5% de açúcar cristal e 5% de inulina.

3.2.3. Coordenadas colorimétricas dos sorvetes funcionais simbióticos

Na Tabela 7 é apresentada a coloração dos ingredientes utilizados para a fabricação dos sorvetes funcionais simbióticos.

TABELA 7 - Características colorimétricas da matéria-prima utilizada na fabricação dos sorvetes funcionais simbióticos (média $\pm$ desvio padrão, n=3)

Matéria-prima	L*	+a*	+b*	Chroma	Hue°
Leite	84.60 $\pm$ 0.07 ^c	-2.05 $\pm$ 0.07 ^e	6.35 $\pm$ 0.07 ^e	6.67 $\pm$ 0.07 ^e	72.11 $\pm$ 0.32 ^d
Creme	84.85 $\pm$ 0.07 ^b	0.25 $\pm$ 0.07 ^c	9.50 $\pm$ 0.01 ^d	9.50 $\pm$ 0.05 ^d	88.49 $\pm$ 0.94 ^a
Soro	91.80 $\pm$ 0.14 ^a	0.50 $\pm$ 0.01 ^b	17.00 $\pm$ 0.01 ^b	17.00 $\pm$ 0.00 ^b	88.32 $\pm$ 0.00 ^a
Leitelho	91.50 $\pm$ 0.15 ^a	-1.75 $\pm$ 0.07 ^d	12.75 $\pm$ 0.07 ^c	12.87 $\pm$ 0.06 ^c	82.19 $\pm$ 0.24 ^c
Polpa de cagaita	51.00 $\pm$ 0.14 ^d	2.15 $\pm$ 0.21 ^a	30.00 $\pm$ 1.41 ^a	30.08 $\pm$ 0.01 ^a	85.90 $\pm$ 0.29 ^b

As médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste Scott-Knott.

L* = Luminosidade, L = 0 (preto) e L=100 (branco); a* = dimensão verde a vermelho, (-a*) = verde e (+a*) = vermelho; b* = dimensão azul a amarelo, (-b*) = azul e (+b*) = amarelo.

A partir da tabela apresentada, é possível verificar a alta correlação dos ingredientes lácteos com a luminosidade, sendo que o soro em pó e o leitelho em pó foram os que apresentaram maior luminosidade, assim como apresentado nos capítulos anteriores. Em relação ao parâmetro a*, b* e Chroma, relacionada com a intensidade da cor, a polpa de cagaita destacou-se dos demais ingredientes apresentando maior tendência para a coloração vermelha (a= +2.15 $\pm$ 0.21), para a cor amarela (b=+30.00 $\pm$ 1.41) e maior intensidade de cor. Isso ocorreu provavelmente em virtude de pigmentos naturais na sua composição, principalmente os carotenoides caracterizados pela coloração vermelha, amarela e laranja, os flavonoides que também expressam a cor amarela⁴⁹.

Em relação ao ângulo Hue, todos os ingredientes apresentaram valores próximos a 90 °, que representa a coloração amarela, sendo que o leite pasteurizado apresentou o menor valor dentre os ingredientes utilizados para a fabricação dos sorvetes funcionais simbióticos.

As características colorimétricas dos sorvetes funcionais simbióticos estão apresentadas na Tabela 8.

TABELA 8 - Colorimetria das diferentes formulações de sorvetes funcionais simbióticos (médias $\pm$ desvio padrão, n=3)

Form. ¹	Leite/ Creme (%)	Soro (%)	Leitelho (%)	Polpa de cagaita (%)	L*	-a*	+b*	Chroma	Hue°
WP26.70	62.30	26.70	0.00	0.00	73.81 $\pm$ 0.01 ^d	0.10 $\pm$ 0.01 ^f	14.95 $\pm$ 0.10 ^e	14.95 $\pm$ 0.06 ^e	89.62 $\pm$ 0.00 ^a
BMP26.70	62.30	0.00	26.70	0.00	79.25 $\pm$ 0.01 ^a	1.30 $\pm$ 0.01 ^a	14.80 $\pm$ 0.10 ^e	14.85 $\pm$ 0.06 ^e	84.98 $\pm$ 0.02 ^f
WBMP13.35	62.30	13.35	13.35	0.00	77.20 $\pm$ 0.00 ^b	0.30 $\pm$ 0.10 ^e	15.30 $\pm$ 0.20 ^d	15.30 $\pm$ 0.11 ^d	88.88 $\pm$ 0.23 ^b
WPC20.70	48.30	20.70	0.00	20.00	76.10 $\pm$ 0.01 ^c	1.10 $\pm$ 0.10 ^b	20.50 $\pm$ 0.20 ^a	20.53 $\pm$ 0.20 ^a	86.92 $\pm$ 0.13 ^e
BMPC20.70	48.30	0.00	20.70	20.00	70.80 $\pm$ 0.00 ^f	0.70 $\pm$ 0.00 ^c	16.00 $\pm$ 0.10 ^c	16.01 $\pm$ 0.00 ^c	87.49 $\pm$ 0.00 ^d
WBMPC10.35	48.30	10.35	10.35	20.00	72.10 $\pm$ 0.01 ^e	0.50 $\pm$ 0.10 ^d	16.85 $\pm$ 0.10 ^b	16.86 $\pm$ 0.06 ^b	88.30 $\pm$ 0.19 ^c

As médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste Scott-Knott.

¹Todas as formulações continham 5% de açúcar cristal e 5% de inulina.

L* = Luminosidade, L = 0 (preto) e L=100 (branco); a*= dimensão verde a vermelho, (-a*) = verde e (+a*) = vermelho; b*= dimensão azul a amarelo, (-b*) = azul e (+b*) = amarelo.

Os valores de L* dos sorvetes funcionais simbióticos variaram de 73.80 a 79.26, inferindo que as amostras possuíam tonalidades próximas ao branco. A tendência para a cor branca dos sorvetes, está relacionada com as micelas de caseína e glóbulos de gordura que propiciam que esse pigmento seja predominante no leite e no creme⁴³.

A amostra BMP26.70 apresentou maior valor de luminosidade e em contrapartida, o sorvete com maior concentração de leitelho adicionado de cagaita (BMPC20.70) apresentou o menor valor de L*.

Com relação ao parâmetro a* que está relacionado com a intensidade das cores verde (-a*) e vermelho (+a*), foi possível observar que todas as amostras possuíam uma maior tendência para a cor verde, no entanto, apresentam valores próximos a neutralidade.

Todas as amostras de sorvetes funcionais simbióticos apresentaram maior tendência para intensidade de cor amarela (+b*) do que para a cor azul (-b*), especialmente as formulações com adição de polpa de cagaita (Figura 12). E em comparação com os sorvetes com adição de 20% de polpa de cagaita, a formulação WPC20.70 apresentou maior valor de b*, visto que dentre os ingredientes utilizados, o soro em pó e a polpa de cagaita apresentam maior valor de b*. Corroborando para o que já foi discutido nos capítulos anteriores e visualmente já é observado, os ingredientes utilizados são propensos a terem coloração branca e/ou amarelada (Tabela 7), em virtude

da presença dos glóbulos de gordura e micelas de caseína que favorecem a visualização da cor branca; da presença de β -caroteno no creme e riboflavina no soro, que conferem a esses ingredientes a coloração amarelada⁴³ e de carotenoides e compostos fenólicos que favorecem a pigmentação amarela^{12,49}.

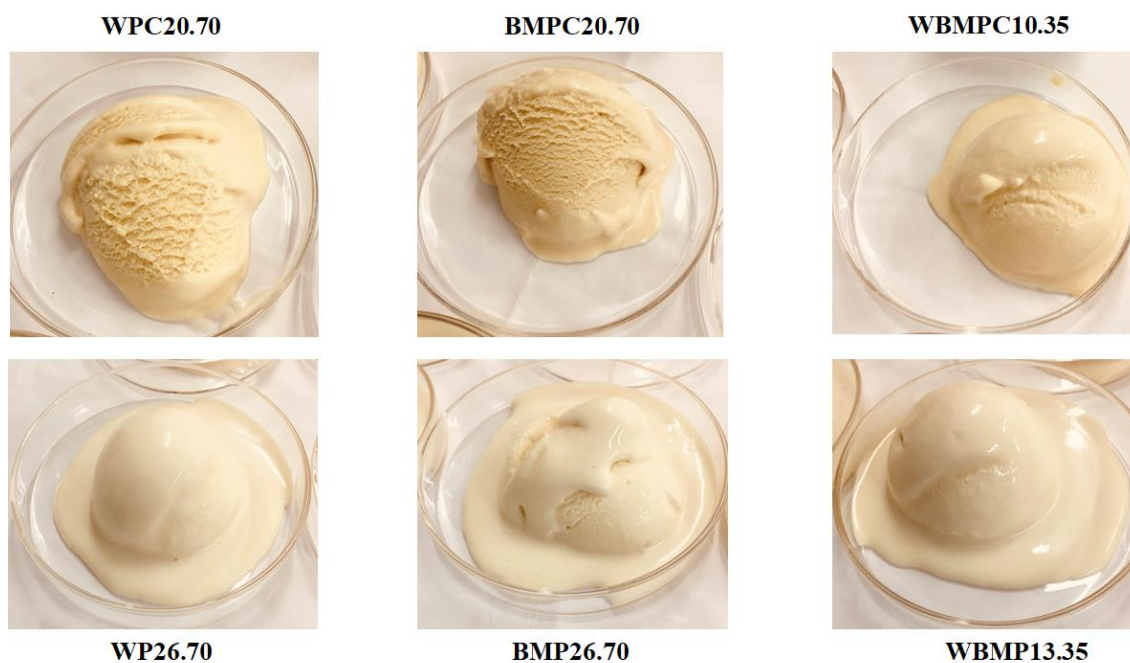


FIGURA 12 - Comparação visual do parâmetro de cor dos sorvetes funcionais simbióticos

WP26.70: 62.30% leite/creme e 26.70% de soro; **BMP26.70:** 62.30% de leite/creme e 26.70% de leiteiro; **WBMP13.35:** 62.30% de leite/creme, 13.35% de soro e 13.35% de leiteiro; **WPC20.70:** 48.30% de leite/creme, 20.70% de soro e 20% de polpa de cagaita; **BMPC20.70:** 48.30% de leite/creme, 20.70% de leiteiro e 20% de polpa de cagaita; **WBMPC10.35:** 48.30% de leite/creme, 10.35% de soro, 10.35% de leiteiro e 20% de polpa de cagaita. Todas as formulações continham 5% de açúcar cristal e 5% de inulina.

Considerando o atributo quantitativo para intensidade de cor (Chroma), que indica coloração mais opaca ou mais vívida^{49,12}, os sorvetes com maior intensidade de cor foram os que apresentaram maior valor do parâmetro b^* (WPC20.70 e WBMPC10.35). O valor de Chroma das amostras variou de 14.79 a 20.73, e está diretamente relacionado aos valores de a^* e b^* . No entanto, em virtude das amostras apresentarem baixa representatividade em relação ao parâmetro a^* , o valor de b^* teve maior influência sobre o atributo Chroma para os sorvetes desenvolvidos.

Em relação ao atributo qualitativo de cor (Hue°), que varia entre 0 e 360°, sendo 0° – vermelho, 90° – amarelo, 180° – verde e 270° – azul⁴⁹, os sorvetes funcionais apresentaram coloração próximo ao amarelo, variando entre 84.96° e 89.62°, seguindo o mesmo comportamento dos sorvetes dos capítulos anteriores.

3.3. Reologia

A partir dos resultados obtidos com a análise de reologia foi possível verificar o modelo que melhor correlaciona os dados obtidos experimentalmente e aos dados preditos para descrever o comportamento reológico dos fluídos. Os parâmetros reológicos estimados e os respectivos coeficientes dos modelos testados estão apresentados na Tabela 9.

TABELA 9 - Parâmetros reológicos estimados e fatores estatísticos calculados pelos modelos Newton, Ostwald-De-Waele (Lei de Potência), Bingham e Herschel-Buckley para sorvetes funcionais simbióticos com e sem polpa de cagaita.

Modelo	Parâmetro	Formulações					
		WPC20.70	WP26.70	BMPC20.70	BMP26.70	WBMPC10.35	WBMP13.35
Newton	μ [Pa.s]	0.04784	0.13661	0.07068	0.22611	0.0558	0.16691
	χ^2	1.13771	180.37464	1.81667	24.73791	2.77393	150.65624
	R ² adj	0.97081	0.79472	0.97966	0.9721	0.94322	0.33237
	RQME	1.06663	13.43036	1.34784	4.97372	1.66551	12.27421
Ostwald-de-Waele	K [Pa.sn]	0.16382	9.53594	0.20645	0.76659	0.28325	5.51042
	n	0.79063	0.2733	0.81773	0.79233	0.72346	0.40224
	χ^2	0.06235	0.26574	0.05199	0.62598	0.07785	2.10945
	R²adj	0.9984	0.99736	0.99942	0.99929	0.99841	0.99065
	RQME	0.24969	0.5155	0.228	0.79119	0.27902	1.45239
Bingham	τ_0	1.99333	25.08282	2.43697	8.87841	3.02553	23.04557
	η_∞	0.04192	0.06213	0.06345	0.19975	0.04682	0.09847
	χ^2	0.09604	15.44098	0.26217	4.11786	0.37734	11.39312
	R ² adj	0.99754	0.84636	0.99706	0.99536	0.99228	0.94951
	RQME	0.30991	3.9295	0.51202	2.02925	0.61428	3.37537
Herschel-Buckley	τ_0	1.72E-14	1.83E-14	0.75633	2.21202	0.90006	7.12234
	K [Pa.sn]	0.54454	9.53594	0.15725	0.60354	0.19455	2.87599
	n	0.58684	0.2733	0.85859	0.82806	0.77919	0.49092
	χ^2	1.62699	0.27139	0.02114	0.37507	0.04269	1.24435
	R ² adj	0.95825	0.9973	0.99976	0.99958	0.99913	0.99449
	RQME	1.27553	0.52095	0.14539	0.61243	0.20661	1.1155

*Parâmetros significativos ao nível de 5% de significância ($p < 0,05$). Em que: μ = Viscosidade (Pa.s); K= Índice de Consistência (Pa.sn); n= Índice de Comportamento do Escoamento; τ_0 = Tensão Limite de Escoamento (Pa); η_∞ = viscosidade plástica (Pa.sn); RQME=Raiz do Quadrado Médio do Erro; χ^2 = teste de qui-quadrado.

WP26.70: 62.30% leite/creme e 26.70% de soro; **BMP26.70:** 62.30% de leite/creme e 26.70% de leiteinho; **WBMP13.35:** 62.30% de leite/creme, 13.35% de soro e 13.35% de leiteinho; **WPC20.70:** 48.30% de leite/creme, 20.70% de soro e 20% de polpa de cagaita; **BMPC20.70:** 48.30% de leite/creme, 20.70% de leiteinho e 20% de polpa de cagaita; **WBMPC10.35:** 48.30% de leite/creme, 10.35% de soro, 10.35% de leiteinho e 20% de polpa de cagaita. Todas as formulações continham 5% de açúcar cristal e 5% de inulina.

Para determinar o melhor modelo para os dados, observa-se, especialmente, o coeficiente de determinação (R^2). Sendo que o modelo que melhor se ajusta aos dados experimentais é aquele cujo R^2 é mais próximo a uma unidade e os fatores estatísticos χ^2 e valores de RQME o mais próximo de zero⁵⁰.

Em relação ao teste de qui-quadrado (χ^2) e a análise da Raiz do Quadrado Médio do Erro (RQME), quanto menores valores, melhor será a coerência entre os resultados experimentais e os resultados esperados e melhor será a acurácia do modelo predito, respectivamente^{51,52}.

Todos os modelos avaliados apresentaram coeficiente de determinação maior que 0.95. Sendo que o modelo de Ostwald-de-Waele, também conhecido como Lei de Potência, apresentou maior valor de R^2 , e menores valores de χ^2 e RQME. Logo, considera-se que é o modelo mais adequado para descrever o escoamento dos sorvetes funcionais simbióticos.

De maneira geral, os fluidos podem ter comportamento de escoamento não-newtoniano ou newtoniano. Os fluídos não-newtonianos podem apresentar viscosidade aparente que diminui ou aumenta com o aumento da taxa de deformação. Já os fluidos newtonianos, são influenciados pela composição e temperatura do fluido e apresentam uma relação linear entre a taxa de deformação aplicada e a tensão de cisalhamento⁵³.

Sendo que, o desvio de “n” da unidade indica o grau de desvio do comportamento newtoniano. Assim, se $n < 1$, o comportamento é de um fluido pseudoplástico e se $n > 1$, é de um fluido dilatante⁵³. Logo, todos os sorvetes funcionais simbióticos apresentam comportamento de fluido não-newtoniano pseudoplástico.

As curvas de escoamento obtidas para as caldas dos sorvetes funcionais simbióticos estão apresentadas na Figura 13.

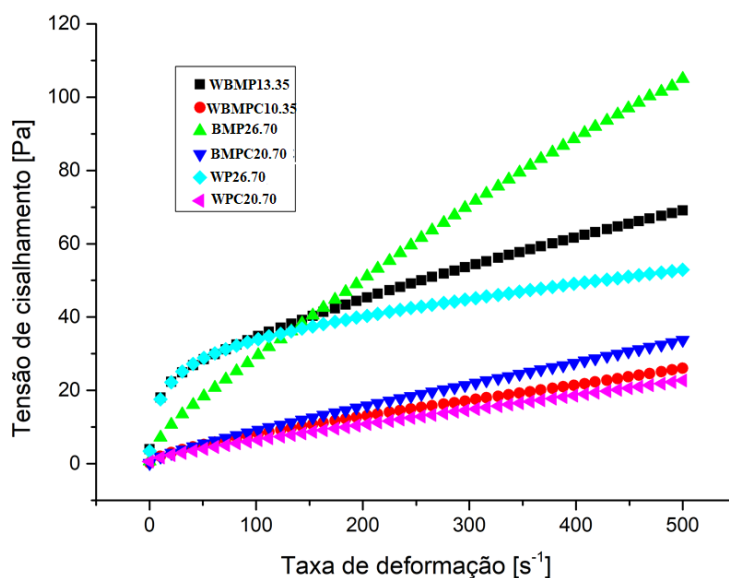


FIGURA 13 - Curva de escoamento das caldas dos sorvetes funcionais simbióticos com e sem adição de polpa de cagaita

É possível inferir que as caldas dos sorvetes funcionais simbióticos com polpa de cagaita (WPC20.70, BMPC20.70 e WBMPC10.35) apresentaram uma tendência para o comportamento de fluido newtoniano, em virtude da maior linearidade entre tensão de cisalhamento e taxa de deformação. No entanto, de forma geral, as caldas dos sorvetes funcionais simbióticos apresentam comportamento de fluido não-newtoniano do tipo pseudoplástico, visto que apresentaram uma relação de não linearidade entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação⁵⁴.

Os resultados da viscosidade aparente das caldas de sorvetes podem ser visualizados na Figura 14.

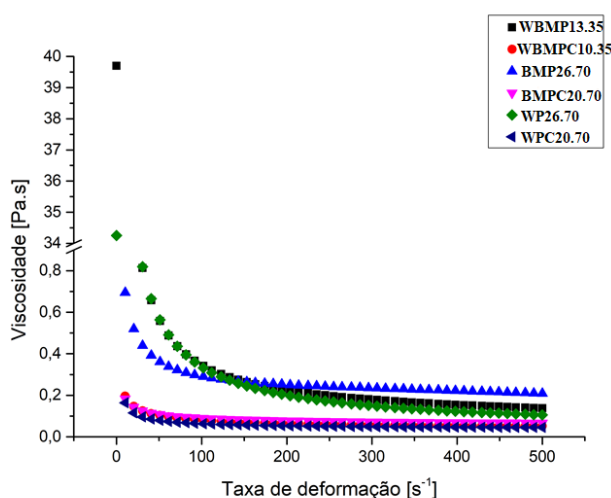


FIGURA 14 - Curva de viscosidade das caldas dos sorvetes funcionais simbióticos com e sem adição de polpa de cagaita

A viscosidade aparente diminuiu à medida que a taxa de deformação aumentou em todas as amostras. Esse comportamento, confirma a característica de um fluido não-newtoniano, do tipo pseudoplástico⁵⁴. A nível industrial, o fluido apresentar uma menor viscosidade é vantajoso visto que, menor será a perda de carga durante o escoamento, e consequentemente, diminui os custos de potência com o bombeamento e com os gastos da produção⁵⁵. Sendo que para as caldas dos sorvetes apresentados, a melhor forma de garantir o escoamento sem alteração das características reológicas e com o menor custo, seria por gravidade. Em sorvetes, esse comportamento de fluido não-newtoniano do tipo pseudoplástico, pode explicado pela presença de proteínas e a gordura que tendem a se orientar junto com o movimento do fluido diminuindo a resistência ao fluxo com o aumento da taxa de deformação de cisalhamento. O mesmo comportamento foi observado em sorvetes probióticos de leite de ovelha produzidos por Balthazar et al.⁵⁶ e por Goktas et al.⁵⁷ em sorvetes funcionais probióticos que apresentaram comportamento de fluido não-newtoniano do tipo pseudoplástico.

3.4. Análise do Perfil de Textura (TPA)

Os resultados referentes aos parâmetros da análise do perfil de textura dos sorvetes funcionais simbióticos são apresentados na Tabela 10.

TABELA 10 - Valores dos parâmetros de textura dos sorvetes funcionais simbióticos (n=11).

Formulação	Dureza (g)	Adesividade (g/seg)	Elasticidade ¹	Coesividade ¹	Gomosidade (g)	Mastigabilidade (g)	Resiliência ¹
WP26.70	10006.63±1599.47 ^b	-61.04±14.61 ^a	0.622±0.09 ^b	0.110±0.003 ^c	1094.82 ±168.67 ^c	676.15±112.86 ^c	0.038±0.002 ^c
BMP26.70	12460.63±1477.32 ^b	-252.39±357.12 ^b	0.711±0.743 ^a	0.135±0.144 ^b	1701.40±597.93 ^b	1212.44±442.08 ^b	0.047±0.033 ^b
WBMP13.35	4282.61±1477.32 ^c	-357.12±169.12 ^c	0.743±0.054 ^a	0.144±0.010 ^a	597.93±154.16 ^d	442.08±111.50 ^d	0.033±0.003 ^c
WPC20.70	20460.00±5664.40 ^a	-50.154±11.335 ^a	0.651±0.045 ^b	0.092±0.012 ^d	1933.15776.77 ^b	1264.53±522.69 ^b	0.050±0.007 ^b
BMPC20.70	20407.18±3992.69 ^a	-85.643±39.036 ^a	0.662±0.077 ^b	0.129±0.006 ^b	2632.07±522.15 ^a	1733.77±347.17 ^a	0.054±0.006 ^a
WBMP10.35	4049.60±978.45 ^c	-100.143±100.155 ^a	0.686±0.086 ^a	0.120±0.027 ^b	470.62±78.12 ^d	322.64±66.87 ^d	0.035±0.002 ^c

As médias seguidas de letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste Scott-Knott.

¹Parâmetros adimensionais

WP26.70: 62.30% leite/creme e 26.70% de soro; **BMP26.70:** 62.30% de leite/creme e 26.70% de leiteiro; **WBMP13.35:** 62.30% de leite/creme, 13.35% de soro e 13.35% de leiteiro; **WPC20.70:** 48.30% de leite/creme, 20.70% de soro e 20% de polpa de cagaita; **BMPC20.70:** 48.30% de leite/creme, 20.70% de leiteiro e 20% de polpa de cagaita; **WBMP10.35:** 48.30% de leite/creme, 10.35% de soro, 10.35% de leiteiro e 20% de polpa de cagaita. Todas as formulações continham 5% de açúcar cristal e 5% de inulina.

Houve diferença significativa ($p < 0.05$) para todos os parâmetros de textura avaliados entre os sorvetes funcionais simbióticos. Em demais pesquisas com sorvetes^{21,22,37}, o parâmetro mais utilizado e observado é o referente à dureza instrumental. Os sorvetes WPC20.70 e BMPC20.70 apresentaram maiores valores de dureza, seguidos dos sorvetes WP26.70 e BMP26.70 (Tabela 10). As formulações consideradas intermediárias, foram as que apresentaram menor força para gerar uma deformação. No mesmo sentido, parâmetros diretamente relacionados com a dureza, como a gomosidade e mastigabilidade, apresentaram maiores valores nos sorvetes WPC20.70 e BMPC20.70. Possivelmente, essa característica está relacionada com a interação nos aspectos tecnológicos dos ingredientes utilizados, especialmente o a interação soro-leitelho-polpa de cagaita. Provavelmente, nessas formulações, ocorreu um maior aprisionamento de água pela matriz e uma maior estabilidade da estrutura promovidas pelo maior teor de umidade e pelas propriedades tecnológicas de capacidade de ligação água-gordura e presença de β -lactoglobulina.

Os sorvetes com maior concentração de leiteiro em sua composição e sem polpa de cagaita (BMP26.70 e WBMP13.35), apresentaram maior valor em relação ao parâmetro de adesividade, possivelmente relacionado com o teor de gordura e presença dos componentes da membrana do glóbulo de gordura desse ingrediente.

Todos os sorvetes funcionais simbióticos apresentaram baixa elasticidade e resiliência, sendo resultados esperados por se tratar de um produto congelado e com os aspectos tecnológicos que fazem com que o produto ao sofrer deformações não retorne à sua estrutura original (Figura 15).



FIGURA 15 - Aspecto visual de amostra de sorvete funcional simbiótico após análise do perfil de textura instrumental.

Na Figura 16 são apresentadas as curvas de força-tempo obtidas a partir do teste de dupla compressão usando a abordagem de análise de perfil de textura (TPA), que permitem a percepção visual do que já foi discutido com os parâmetros apresentados na Tabela 9.

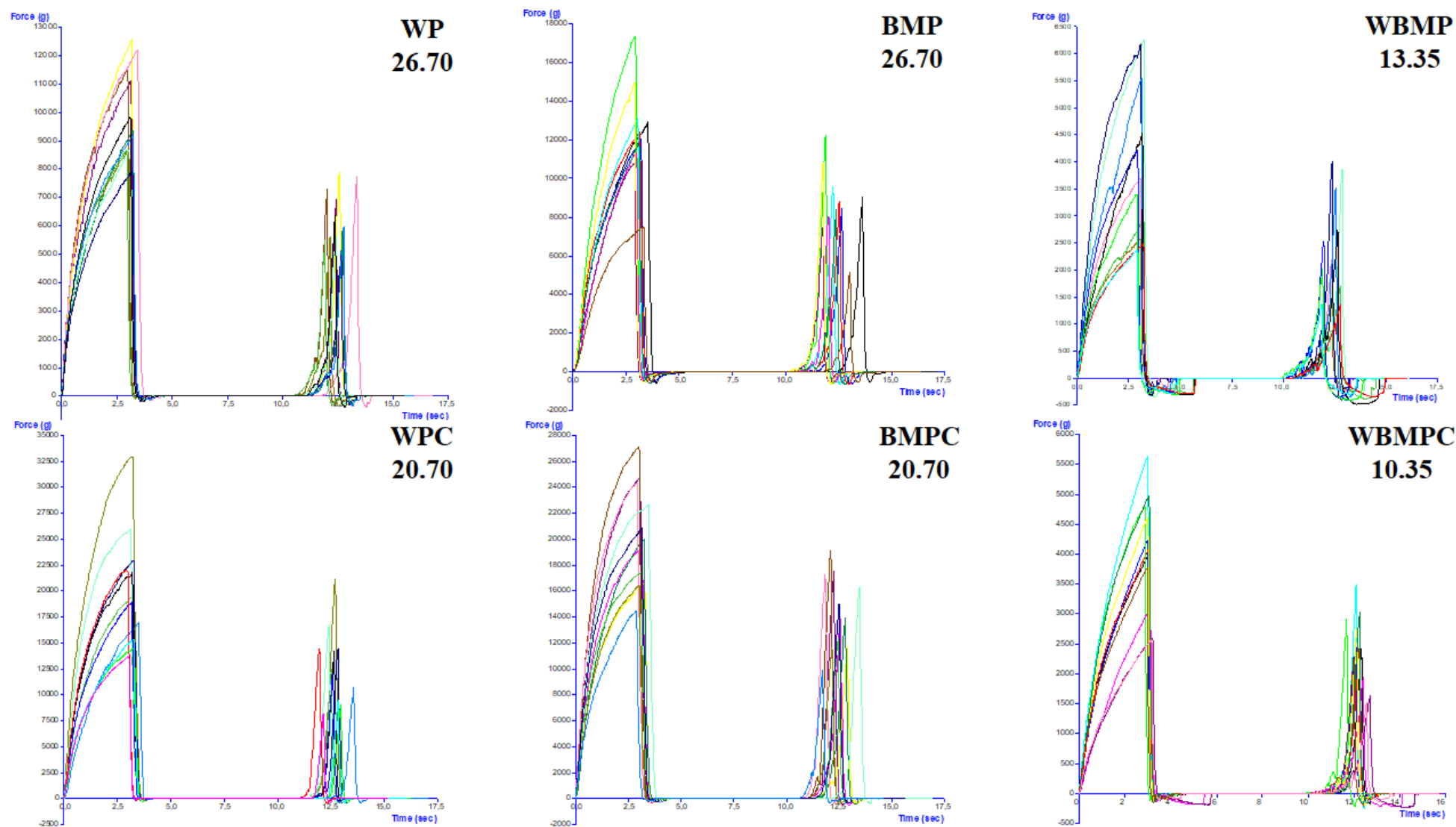


FIGURA 16 - Curvas de força-tempo de sorvetes funcionais simbióticos obtidos a partir da abordagem de análise do perfil de textura (TPA) instrumental.

WP26.70: 62.30% leite/creme e 26.70% de soro; **BMP26.70**: 62.30% de leite/creme e 26.70% de leiteinho; **WBMP13.35**: 62.30% de leite/creme, 13.35% de soro e 13.35% de leiteinho; **WPC20.70**: 48.30% de leite/creme, 20.70% de soro e 20% de polpa de cagaita; **BMPC20.70**: 48.30% de leite/creme, 20.70% de leiteinho e 20% de polpa de cagaita; **WBMPC10.35**: 48.30% de leite/creme, 10.35% de soro, 10.35% de leiteinho e 20% de polpa de cagaita. Todas as formulações continham 5% de açúcar cristal e 5% de inulina.

3.5. Microscopia confocal

A microscopia confocal foi utilizada para visualização das estruturas dos glóbulos de gordura, bolhas de ar e matriz proteica dos sorvetes, após derretimento lento.

A Figura 17 apresenta os microgramas dos sorvetes funcionais simbióticos.

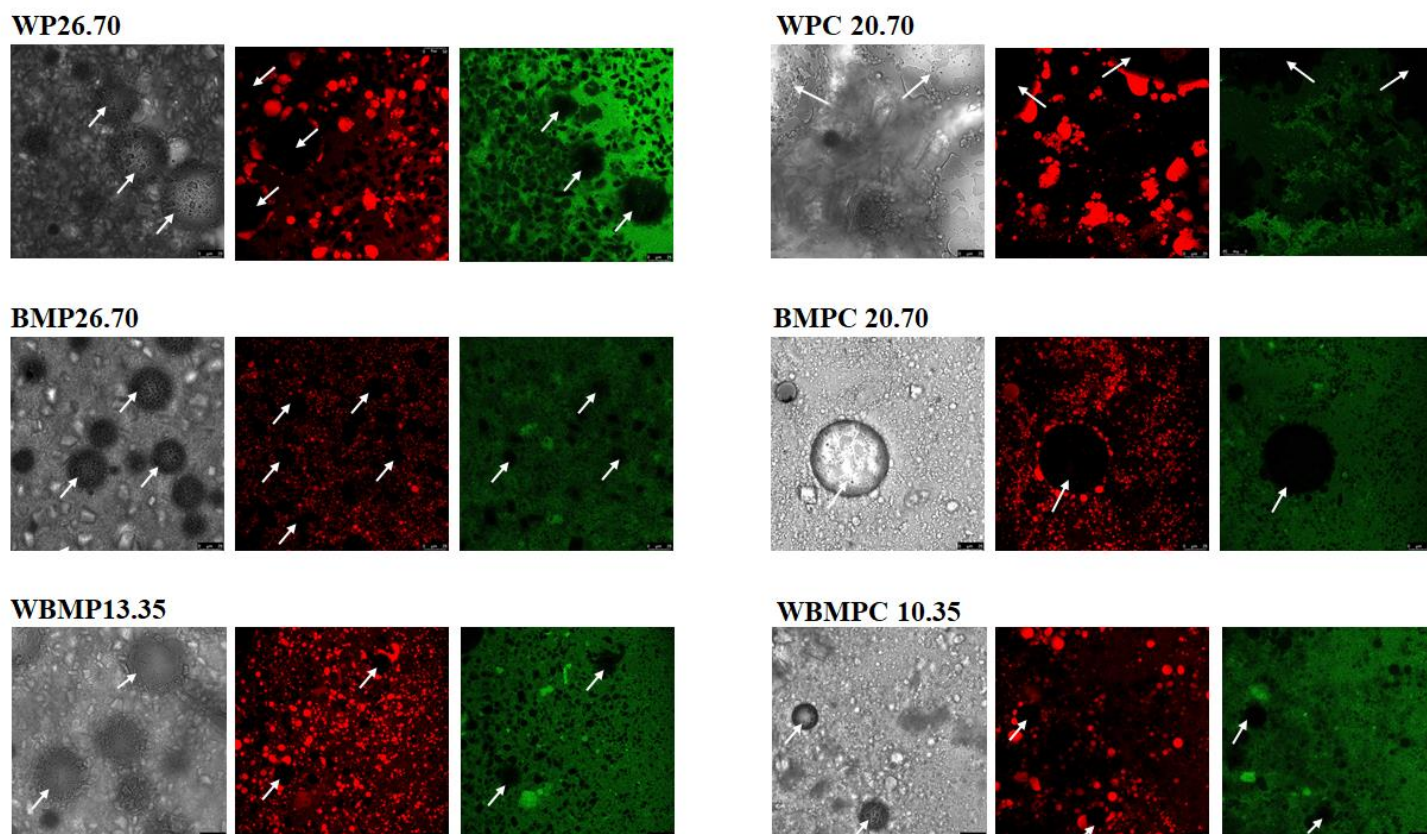


FIGURA 17 - Microscopia confocal dos sorvetes funcionais simbióticos corados com as sondas Vermelho Nilo e FTIC. À esquerda, temos a imagem DIC, a imagem intermediária apresenta os glóbulos de gordura corados com a sonda Vermelho Nilo e na extrema direita a rede proteica é evidenciada na cor verde ao ser corada com FTIC. As setas brancas identificam as bolhas de ar. Barra de escala= 25 µm

WP26.70: 62.30% leite/creme e 26.70% de soro; **BMP26.70:** 62.30% de leite/creme e 26.70% de leiteiro; **WBMP13.35:** 62.30% de leite/creme, 13.35% de soro e 13.35% de leiteiro; **WPC20.70:** 48.30% de leite/creme, 20.70% de soro e 20% de polpa de cagaita; **BMPC20.70:** 48.30% de leite/creme, 20.70% de leiteiro e 20% de polpa de cagaita; **WBMP10.35:** 48.30% de leite/creme, 10.35% de soro, 10.35% de leiteiro e 20% de polpa de cagaita. Todas as formulações continham 5% de açúcar cristal e 5% de inulina.

É possível observar, a partir da Figura 17, a coalescência parcial dos glóbulos de gordura, formando redes de gordura aglomerada (vermelho) que envolvem as bolhas de ar (círculos pretos) e glóbulos de gordura individualmente distintos (vermelho). Os sorvetes funcionais simbióticos apresentam bolhas de ar em quantidade e em diâmetro diferentes, sendo condizente com a variação em relação ao *overrun* e taxa de derretimento dos sorvetes. É também possível visualizar a matriz proteica (verde) que envolve as bolhas de ar e glóbulos de gordura, estabelecendo função essencial para formação e estabilização da estrutura dos sorvetes. Através das imagens obtidas foi possível

quantificar os pixels correspondentes à excitação de cada sonda, possibilitando a correspondência com a quantificação de proteínas e lipídeos dos sorvetes funcionais simbióticos (Tabela 3). Ressalta-se que a semi-quantificação desses constituintes através da microscopia confocal serve para reforçar o padrão ouro da quantificação desses constituintes nas amostras e para validar a imagem qualitativa obtida, tornando-a representativa do fenômeno natural. Assim, foram gerados os gráficos a seguir (Figura 18).

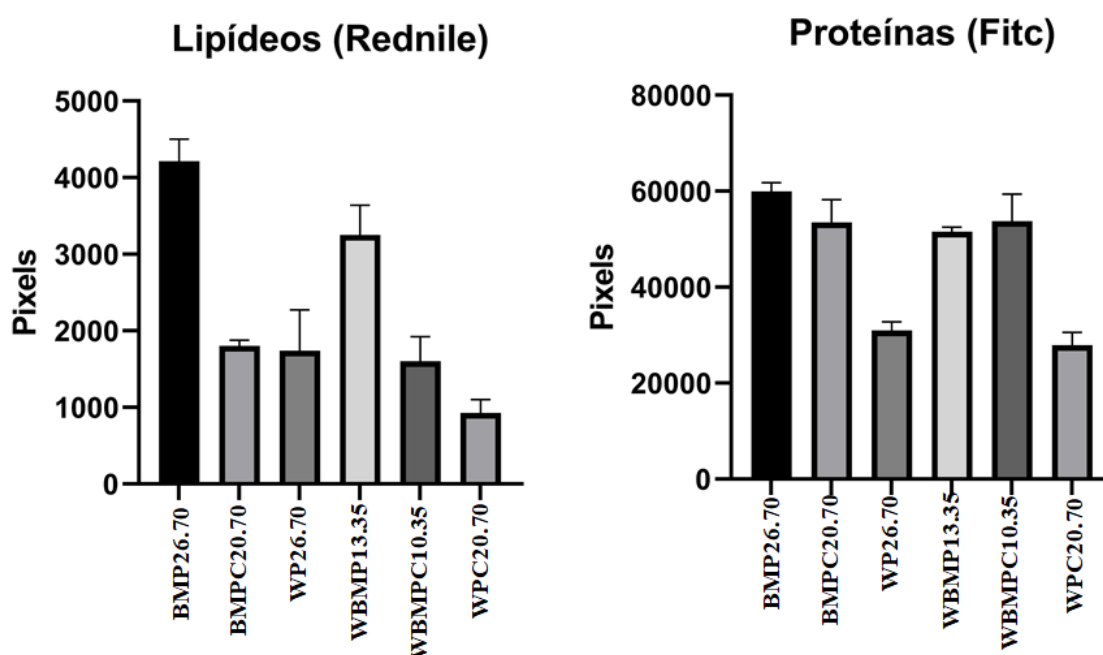


FIGURA 18 - Gráficos semi-quantitativos de lipídeos (à esquerda) e proteínas (à direita) obtidos a partir da quantificação de pixels das imagens obtidas através da microscopia confocal dos sorvetes funcionais simbióticos

WP26.70: 62.30% leite/creme e 26.70% de soro; **BMP26.70:** 62.30% de leite/creme e 26.70% de leite; **WBMP13.35:** 62.30% de leite/creme, 13.35% de soro e 13.35% de leite; **WPC20.70:** 48.30% de leite/creme, 20.70% de soro e 20% de polpa de cagaita; **BMPC20.70:** 48.30% de leite/creme, 20.70% de leite e 20% de polpa de cagaita; **WBMP10.35:** 48.30% de leite/creme, 10.35% de soro, 10.35% de leite e 20% de polpa de cagaita. Todas as formulações continham 5% de açúcar cristal e 5% de inulina.

Os resultados obtidos através da semi-quantificação dos pixels das imagens, apresentam similaridade com os resultados já discutidos e apresentados na Tabela 3, tanto para os teores de lipídeos e especialmente, para os teores de proteína. Em relação ao teor de lipídeos, os sorvetes com maior concentração desse constituinte foram os BMP26.70 e WBMP13.35 e o sorvete com menor teor de lipídeos foi o WPC20.70. Tais resultados apresentam comportamento generalizado, porém não específico, semelhante aos apresentados na caracterização físico-química dos sorvetes funcionais simbióticos. E em relação ao teor de proteínas, o método semi-quantitativo desse constituinte a partir das

imagens obtidas pela microscopia, apresentou alta equivalência em relação ao padrão ouro (método kjedhall) de quantificação de proteínas em sorvetes. Os sorvetes com maior concentração de leiteiro (BMP26.70 e BMPC20.70), são os sorvetes com maior teor de proteínas, seguidos dos sorvetes “intermediários” e por último, os sorvetes com maior concentração de soro. Sendo que essa relação é evidenciada e equivalente tanto na Tabela 3 quanto na Figura 18.

3.6. Análise Sensorial Descritiva Quantitativa

Os provadores recrutados, após passar pelas seleções e treinamentos já explicitados, analisaram as amostras de sorvetes funcionais simbióticos com e sem adição de polpa de cagaita. A partir da ficha de análise descritiva, não estrutura de 9 cm (Anexo III), com as médias dos provadores para cada atributo de cada formulação foi possível gerar o gráfico radar.

Os parâmetros avaliados de cor, aroma, textura e sabor foram divididos em três gráficos para permitir uma visualização mais adequada da descrição dos sorvetes simbióticos.

A intensidade média dos atributos sensoriais para cada amostra é marcada em seu respectivo eixo, sendo que o centro do gráfico representa o valor 0 de intensidade.

A Figura 19 mostra a intensidade dos atributos de cor e aroma a partir da análise sensorial descritiva dos sorvetes funcionais simbióticos com e sem adição de polpa de cagaita (*Eugenia dysenterica*).

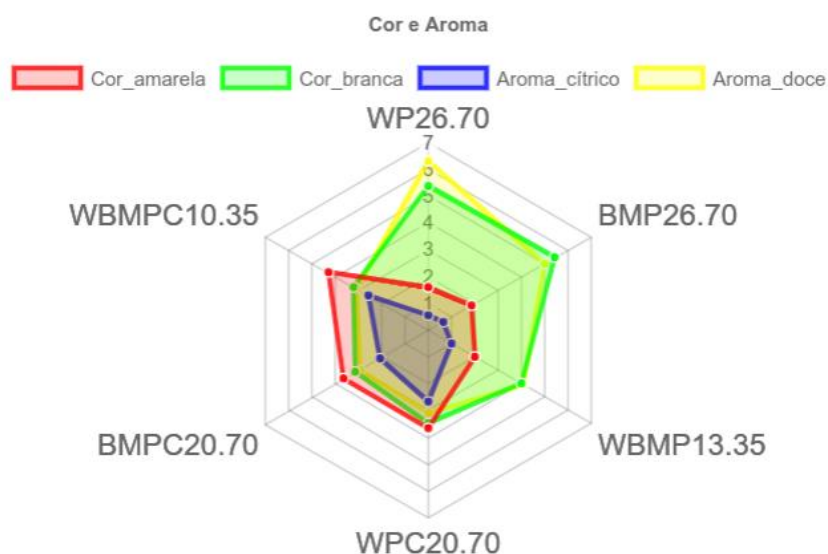


FIGURA 19 - Gráfico radar de intensidade dos atributos de cor e aroma a partir da análise sensorial descritiva dos sorvetes funcionais simbióticos com e sem adição de polpa de cagaita (*Eugenia dysenterica*).

WP26.70: 62.30% leite/creme e 26.70% de soro; **BMP26.70:** 62.30% de leite/creme e 26.70% de leiteiro; **WBMP13.35:** 62.30% de leite/creme, 13.35% de soro e 13.35% de leiteiro; **WPC20.70:** 48.30% de leite/creme, 20.70% de soro e 20% de polpa de cagaita; **BMPC20.70:** 48.30% de leite/creme, 20.70% de leiteiro e 20% de polpa de cagaita; **WBMP10.35:** 48.30% de leite/creme, 10.35% de soro, 10.35% de leiteiro e 20% de polpa de cagaita. Todas as formulações continham 5% de açúcar cristal e 5% de inulina.

Assim como discutido no Capítulo 3, a partir desse gráfico é possível observar que as formulações com 20% de polpa de cagaita (WPC20.70, BMPC20.70 e WBMPC10.35) apresentaram cor amarela e aroma cítrico mais intensos do que as amostras sem polpa de cagaita. A cor amarela da polpa de cagaita se relaciona com a presença de carotenoides e compostos fenólicos⁵⁸ como já discutido anteriormente. Os resultados obtidos a partir da análise sensorial descritiva com provadores treinados, corroboram para o que foi observado na análise instrumental de cor tanto da matéria-prima (Tabela 7) quanto das formulações (Tabela 8). A polpa de cagaita apresentou maior valor relacionado ao parâmetro b^* interferindo diretamente na coloração dos sorvetes com adição dessa polpa. Sendo visualmente observado pelos provadores.

O aroma cítrico da polpa de cagaita está diretamente relacionado com o seu baixo valor de pH e a sua maior acidez decorrentes da presença de ácidos orgânicos, especialmente o ácido gálico e o ácido ascórbico que estão presentes em quantidades altas nesse tipo de fruta⁵⁹⁻⁶¹. Assim, as formulações com adição de cagaita, apresentaram maior intensidade em relação ao aroma cítrico, apresentando notas de intensidade entre 2 e 3, enquanto os sorvetes sem cagaita apresentaram aroma cítrico próximo abaixo de 1.

As formulações sem adição de polpa de cagaita, apresentaram maior intensidade relacionada à cor branca (Figura 12), coincidindo com os resultados obtidos na análise instrumental de cor para essas amostras e não diferindo dos sorvetes funcionais probióticos (Capítulo 3).

O aroma doce apresentou maior intensidade nas formulações sem adição de polpa de cagaita. Isso pode ser relacionado com o teor de inulina, açúcar e o alto teor de lactose desses produtos, bem como componentes da membrana do glóbulo de gordura de leite que contribuem através de seus compostos lipossolúveis para o aroma mais adocicado, mais relacionado ao creme⁴³. E ao comparar com as formulações sem inulina (Capítulo 3) é possível verificar que os sorvetes com prebiótico e com redução de açúcar, apresentaram dulçor mais acentuado, evidenciando que a redução do açúcar nas formulações com substituição por inulina é relevante e melhora os aspectos sensoriais das formulações.

A partir da Figura 20 é possível verificar a intensidade dos descritores levantados pela equipe de provadores para o atributo de sabor dos sorvetes funcionais simbióticos.

Os sorvetes com 20% de polpa de cagaita, apresentaram tendência e maior intensidade para o sabor azedo, relacionado com a característica cítrica da fruta.

Em relação ao sabor amanteigado e doce, as amostras apresentaram intensidade semelhante para esses parâmetros, sendo diretamente influenciados pela concentração e presença de leite, creme, soro e leiteiro em suas composições.

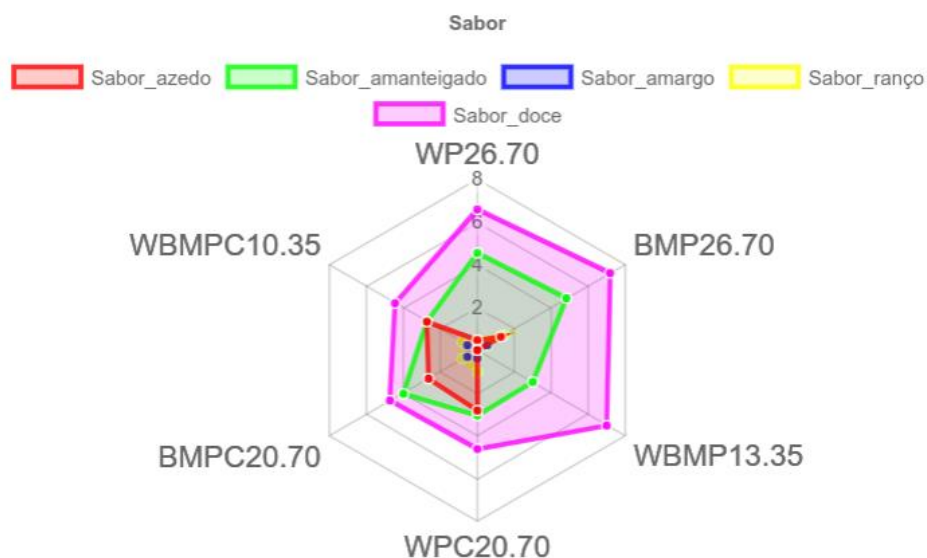


FIGURA 20 - Gráfico radar de intensidade do atributo de sabor a partir da análise sensorial descritiva dos sorvetes funcionais simbióticos com e sem adição de polpa de cagaita (*Eugenia dysenterica*).

WP26.70: 62.30% leite/creme e 26.70% de soro; **BMP26.70:** 62.30% de leite/creme e 26.70% de leiteiro; **WBMP13.35:** 62.30% de leite/creme, 13.35% de soro e 13.35% de leiteiro; **WPC20.70:** 48.30% de leite/creme, 20.70% de soro e 20% de polpa de cagaita; **BMPC20.70:** 48.30% de leite/creme, 20.70% de leiteiro e 20% de polpa de cagaita; **WBMP10.35:** 48.30% de leite/creme, 10.35% de soro, 10.35% de leiteiro e 20% de polpa de cagaita. Todas as formulações continham 5% de açúcar cristal e 5% de inulina.

O sabor amanteigado provavelmente está relacionado, com a presença de creme e leiteiro, por apresentarem maior teor de lipídeos e fosfolipídeos em sua composição. E o sabor doce está relacionado com a maior concentração de lactose e gordura nesses sorvetes, que apresenta maior intensidade nos sorvetes sem adição de polpa de cagaita (WP26.70, BMP26.70e WBMP13.35), convergindo para o observado em relação ao aroma (Figura 19) dessas amostras.

O sabor amargo e o sabor de ranço nos sorvetes são relacionados à vida útil do produto, associado com o maior teor de proteólise e lipólise³², respectivamente. No entanto, para as amostras avaliadas, as intensidades desses sabores não foram expressivas, apresentando notas menores que 1.

Em relação à textura dos sorvetes funcionais simbióticos (Figura 21), as amostras apresentaram uma alta intensidade para textura cremosa e densa, sendo que os sorvetes “intermediários” (WBMP13.35 e WBMP10.35) apresentaram as menores notas

para essas intensidades. Essa relevância em relação à textura cremosa e densa pode ser relacionada com a presença de leite/creme e também dos coprodutos soro e leiteiro, que atuam melhorando a textura dos produtos em virtude da presença de proteínas e fosfolipídeos.

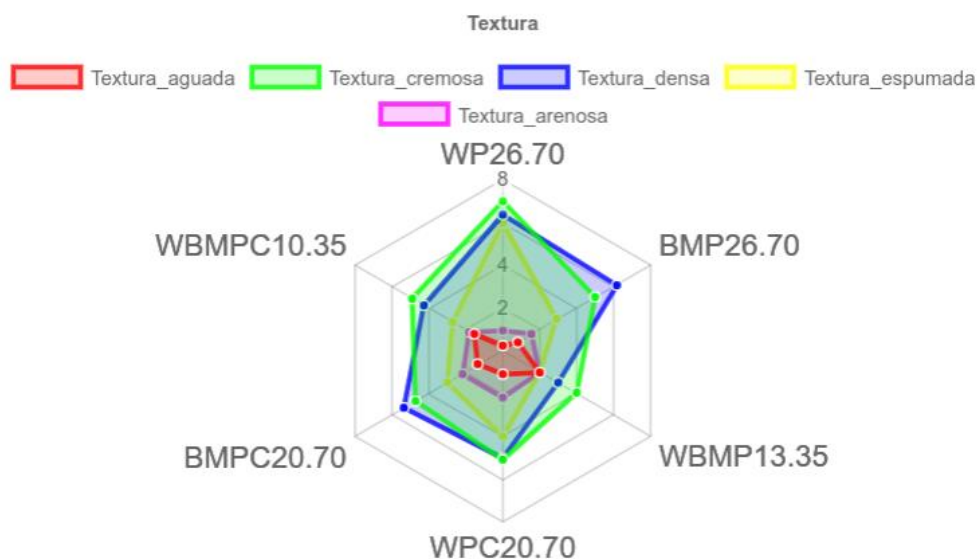


FIGURA 21 - Gráfico radar de intensidade do atributo de textura a partir da análise sensorial descritiva dos sorvetes funcionais simbióticos com e sem adição de polpa de cagaita (*Eugenia dysenterica*)

WP26.70: 62.30% leite/creme e 26.70% de soro; **BMP26.70:** 62.30% de leite/creme e 26.70% de leiteiro; **WBMP13.35:** 62.30% de leite/creme, 13.35% de soro e 13.35% de leiteiro; **WPC20.70:** 48.30% de leite/creme, 20.70% de soro e 20% de polpa de cagaita; **BMPC20.70:** 48.30% de leite/creme, 20.70% de leiteiro e 20% de polpa de cagaita; **WBMP10.35:** 48.30% de leite/creme, 10.35% de soro, 10.35% de leiteiro e 20% de polpa de cagaita. Todas as formulações continham 5% de açúcar cristal e 5% de inulina.

Em relação à textura espumada, os sorvetes apresentaram baixa intensidade para este parâmetro, com média variando de 2 a 4, com exceção da formulação WP26.70. E para os parâmetros de textura aguada e arenosa, os sorvetes apresentaram baixas notas. Inclusive, a formulação WPC20.70, apresentou baixa intensidade para textura arenosa, sendo que, como evidenciado no Capítulo 3, ao ser fabricada sem adição de prebiótico, obteve uma maior intensidade para esse parâmetro, apresentando nota 6.

A adição de 5% de inulina nos sorvetes funcionais propiciou uma maior intensidade do sabor doce e menores intensidades das texturas aguada e arenosa nos sorvetes. Sendo, portanto, viável sensorialmente, a substituição parcial do açúcar nos sorvetes.

3.4. Caracterização microbiológica

A caracterização microbiológica dos sorvetes funcionais na primeira semana após a sua fabricação, estão apresentados na Tabela 11.

TABELA 11 - Caracterização microbiológica dos sorvetes funcionais simbióticos (n=2)

Formulações	Análises microbiológicas			
	Pesquisa de <i>Salmonella</i> spp. (UFC/ mL em 25g)	Contagem de <i>Staphylococcus</i> coagulase positiva (UFC/ mL)	Contagem de Enterobacteriaceae (UFC/ mL)	Contagem de <i>Lactobacillus acidophilus</i> (Log ₁₀ UFC/g)
WP26.70	Ausência	<100	<10	8.43±0.02
BMP26.70	Ausência	<100	<10	8.63±0.02
WBMP13.35	Ausência	<100	<10	8.22±0.09
WPC20.70	Ausência	<100	<10	8.43±0.02
BMPC20.70	Ausência	<100	<10	8.40±0.04
WBMP10.35	Ausência	<100	<10	8.47±0.03
Referência¹	Ausência	<100	<10	—

¹Instrução Normativa nº 60, de 23 de dezembro de 2019.

Os sorvetes funcionais apresentaram padrão microbiológico dentro do estabelecido pela legislação vigente para gelados comestíveis³⁴, evidenciando que todas as medidas de garantia da segurança microbiológica tanto no processo de fabricação quanto no armazenamento foram eficazes, sendo consideradas seguras e aptas para o consumo.

Foi possível observar que as formulações de sorvetes apresentaram contagens da cultura de *Lactobacillus acidophilus* dentro do usualmente estabelecido para definição de produto probiótico (8 Log₁₀ – 11 Log₁₀)^{62,63}.

Atualmente, conforme RDC nº 241, de 26 de julho de 2018⁶⁴, para que o alimento seja considerado probiótico, é necessário que seja comprovado, por meio de estudos científicos ou documentos técnicos, a segurança e os benefícios do uso de probióticos em alimentos, não sendo especificado, uma concentração mínima na recomendação diária do produto para consumo. No entanto, estudos envolvendo meta-análise como desenvolvido por Ouwehand⁶³ demonstra que há um consenso mundial sobre a concentração mínima de bactérias viáveis para que o alimento seja considerado probiótico, e deve ser no mínimo de 8 Log₁₀. Assim, todos os sorvetes produzidos são classificados como probióticos, mantendo contagens semelhantes à dos sorvetes apresentados no Cap.3.

Valores similares aos encontrados neste trabalho foram observados na pesquisa desenvolvida por Sousa²² para sorvetes simbióticos de graviola, com cepa de

Lactobacillus acidophilus, que apresentou inicialmente valores de 8.34 a 8.45 Log₁₀ para os sorvetes desenvolvidos.

Contagens inferiores, variando de 7.01 a 7.42 Log₁₀ foram encontrados no dia 1 para sorvetes probióticos enriquecidos com fibras dietéticas desenvolvidos por Akalin et al.⁶⁵, sendo que o sorvete controle apresentou maior contagem de *L. acidophilus* e foi relacionado com o seu menor valor de *overrun*. E também em trabalho desenvolvido por Akalin e Erisir³⁶ com sorvetes com cepa de *L. acidophilus* enriquecido com inulina que apresentou contagem no dia 1 de 6 Log₁₀.

Alguns trabalhos relacionam a viabilidade da cultura probiótica com o valor de *overrun* dos sorvetes^{36,65-67}, visto a cepa de *L. acidophilus*, não possui capacidade de sintetizar ATP por via respiratória, tem um sistema de consumo de oxigênio limitado por ser um micro-organismo microaerófilo. Consequentemente, ocorre a formação de peróxido de hidrogênio e metabólitos tóxicos de oxigênio que interferem na viabilidade de algumas cepas probióticas⁶⁷. Além disso, de acordo com Cruz et al.⁶⁶ e Mohammadi et al.⁶⁷ durante o processamento dos sorvetes e, especialmente, durante a etapa de batimento e congelamento em que ocorre a incorporação de ar, poderá ocorrer a redução de até 1 log UFC/g da cultura probiótica do produto.

No entanto, nos sorvetes desenvolvidos neste trabalho, assim como nos sorvetes funcionais probióticos (Capítulo 3), não foi observada essa relação. Também não foi observada a relação e interferência da adição de inulina na viabilidade das cepas probióticas ao comparar as formulações de sorvetes simbióticos com as formulações de sorvetes probióticos (Capítulo 3).

4. CONCLUSÃO

Os sorvetes funcionais simbióticos com e sem adição de polpa de cagaita apresentaram estabilidade para carrear cultura probiótica de *Lactobacillus acidophilus*. O *overrun* dos sorvetes fabricados não interferiu na viabilidade da cultura probiótica.

Todos os sorvetes fabricados foram classificados em sorvetes padrão a *premium* em relação ao teor de lipídeos. A adição de inulina nos sorvetes interferiu reduzindo a velocidade de derretimento dos sorvetes.

A partir da microscopia confocal, foi possível observar a estrutura dos sorvetes e dinâmica entre glóbulos de gordura, bolhas de ar e rede de proteínas, sendo condizentes com a variação em relação ao *overrun* e taxa de derretimento dos sorvetes.

As formulações com adição de polpa de cagaita apresentaram maior valor de umidade, menor valor de pH, maior acidez e menor velocidade de derretimento.

Os sorvetes considerados “intermediários” apresentaram menor valor de dureza instrumental. Em contrapartida, os sorvetes com adição de polpa de cagaita e alta concentração de soro e alta concentração de leiteiro apresentaram maior dureza instrumental e conseqüentemente maiores valores de mastigabilidade e gomosidade. Em relação à adesividade, os sorvetes com maior concentração de leiteiro apresentaram maiores valores para esse parâmetro.

Os sorvetes com adição de polpa de cagaita apresentaram, quanto à análise descritiva quantitativa, maior intensidade da cor amarela e maior intensidade do aroma cítrico. Todas as formulações foram caracterizadas pela maior intensidade de textura cremosa e densa e sabor doce e amanteigado.

Os sorvetes funcionais simbióticos apresentaram comportamento semelhante aos sorvetes funcionais probióticos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Aprofundar o conhecimento científico sobre a densidade funcional, nutricional e tecnológica de coprodutos e demais ingredientes até então não explorados, é um dos pressupostos para o tema de desenvolvimento de alimentos para consumo humano.

A inovação em alimentos, com enfoque em sorvetes, relacionados à busca por efeitos benéficos à saúde no intuito de amenizar problemáticas referentes à doenças, como câncer, bem como auxiliar na nutrição de crianças sem apetite e imunodeprimidos, associado com benefícios psicológicos e emocionais, ganha relevância e impacto positivo social além do impacto favorável ao ambiente e economia.

Assim, intensificar ações que favorecem a preservação do ambiente, o crescimento de famílias vinculadas à agricultura familiar alinhado com o crescimento econômico no setor de produção, modificam o desequilíbrio e intensificam o valor agregado ao produto.

A intenção do uso sustentável de resíduos alimentares, suplantam a preocupação mundial quanto à disponibilidade, à diversidade que as matrizes alimentares podem resultar. No mesmo sentido, a utilização de ingredientes com alto valor funcional e biológico, que conferem benefícios à saúde de forma direta ou indireta como prebióticos, probióticos e frutos regionais como a cagaita, incentiva a busca pelo uso responsável, ressaltando qualidade nutricional, composicional e conflui para os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas.

A manutenção de recursos naturais, a conservação e exploração racional de rebanhos, de frutos exóticos regionais e a busca por alternativas alimentares antes não exploradas, é um dos caminhos que convergem à manutenção da vida pelo acesso ao alimento que nutre.

Portanto, a fabricação e oferta à população de sorvetes funcionais simbióticos é uma alternativa de inovação tecnológica bioinspirada, com alto densidade nutricional e valor funcional agregado com impacto social elevado.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Nutriconnection. NC tendência 2021 - Um olhar sobre as principais tendências que moverão o mercado de alimentos e bebidas saudáveis [Internet]. 2021 [cited 2021 Nov 23]. Available from: www.nutriconnection.com.br
2. De Chiara M. Venda de alimento saudável bate R\$ 100 bilhões em 2020, em meio à pandemia [Internet]. CNN Brasil Business. 2021 [cited 2021 Aug 30]. Available from: <https://www.cnnbrasil.com.br/business/com-pandemia-venda-de-alimento-saudavel-bate-r-100-bi/>
3. Wunsch N-G. Health food market size 2016-2021 [Internet]. Statista. 2020 [cited 2021 Aug 30]. Available from: <https://www.statista.com/statistics/502267/global-health-and-wellness-food-market-value/>
4. Bastos CT da RM, Ladeira TMS, Rogez H, Pena R da S. Study of the efficiency of the pasteurization of pulp of tapereba (*Spondias mombin*)/Estudo da eficiencia da pasteurizacao da polpa de tapereba (*Spondias mombin*). Aliment e Nutr (Brazilian J Food Nutr. 2008 Apr 1;19(2):123–32.
5. Di Criscio T, Fratianni A, Mignogna R, Cinquanta L, Coppola R, Sorrentino E, et al. Production of functional probiotic, prebiotic, and synbiotic ice creams. J Dairy Sci. 2010 Oct;93(10):4555–64.
6. Brasil. Resolução-RDC nº267, de 25 de setembro de 2003. Dispõe sobre o Regulamento Técnico de Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Industrializadores de Gelados Comestíveis e a Lista de Verificação das Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Industrializadores de Gelados Comestíveis. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária 2003.
7. AOAC. Official methods of analysis of AOAC International. 18th ed. Association of Official Analysis Chemists International Gaithersburg, MD, USA. Gaithersburg, MD, USA.; 2005.
8. Bligh E, Dyer W. A rapid method of total lipid extraction and purification. Can J Biochem Physiol [Internet]. 1959 [cited 2021 Aug 22];37(8):911–7. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/13671378/>
9. Lane JH, Eynon L. Determination of Reducing Sugars by Fehling's Solution with Methylene Blue ... - J. Henry Lane, Lewis Eynon - Google Livros. N.Rodger; 1934. 8 p.
10. Koxholt MMR, Eisenmann B, Hinrichs J. Effect of the Fat Globule Sizes on the Meltdown of Ice Cream. J Dairy Sci. 2001 Jan 1;84(1):31–7.
11. R Development Core Team. Vienna, Austria: R DEVELOPMENT CORE TEAM R: a language and environment for statistical computing, reference index version 2.11.1.The R Foundation for Statistical Computing.; 2010.
12. Pathare PB, Opara UL, Al-Said FA-J. Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. Food Bioprocess Technol 2012 61 [Internet]. 2012 May 11 [cited 2021 Aug 12];6(1):36–60. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11947-012-0867-9>

13. Minolta K. Precise Color Communication Color Control from perception to instrumentation. 2007.
14. Egawa EY. Caracterização térmica e reológica de blendas de glicerol:colágeno tipo I de diferentes tecidos [Internet]. [São Carlos]: Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da Universidade de São Paulo; 2008 [cited 2021 Nov 23]. Available from: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/75/75132/tde-27032008-094508/>
15. Steffe JF. Rheological Methods in Food Process Engineering. 2nd ed. Freeman Press, editor. Scientific Research Publishing. 1996.
16. RAO MA. Measurement of flow properties of fluid foods - Developments, limitations and interpretation of phenomena. J Texture Stud [Internet]. 1977 Sep 1 [cited 2021 Nov 23];8(3):257–82. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1745-4603.1977.tb01181.x>
17. Sharma SK (Shri K, Mulvaney SJ, Rizvi SSH. Food process engineering : theory and laboratory experiments [Internet]. Wiley-Interscience; 2000 [cited 2021 Nov 23]. 348 p. Available from: <https://www.wiley.com/en-us/Food+Process+Engineering%3A+Theory+and+Laboratory+Experiments-p-9780471322412>
18. Teixeira LV. Análise sensorial na indústria de alimentos. Rev do Inst Laticínios Cândido Tostes [Internet]. 2009 [cited 2021 Nov 20];64(366):12–21. Available from: <https://www.revistadoilct.com.br/rilct/article/view/70>
19. Szczesniak AS. Classification of Textural Characteristics. J Food Sci. 1963;28(4):385–9.
20. Chen J. Food oral processing-A review. Food Hydrocoll. 2009 Jan;23(1):1–25.
21. Costa MGM. Desenvolvimento de sorvete simbiótico de açaí (Euterpe oleracea) com Lactobacillus rhamnosus GG e resistência do probiótico em um modelo de digestão gastrointestinal in vitro. 2014 Nov 13 [cited 2021 Aug 13]; Available from: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/9/9133/tde-25112014-144755/>
22. Sousa GL. Desenvolvimento de sorvete simbiótico de graviola (Annona muricata L.) com teor reduzido de gordura e avaliação da resistência gastrointestinal dos probióticos in vitro. 2014 Dec 18 [cited 2021 Aug 17]; Available from: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/9/9133/tde-19032014-114952/>
23. Rodrigues Araújo E, Ramalho do Rêgo E, Jorge Lima da Costa Sapucay M, Monteiro do Rêgo M, Magno Cortez dos Santos R. Elaboração e análise sensorial de geleia de pimenta com abacaxi. Rev Bras Prod Agroindustriais. 2012;233–8.
24. Meilgaard MC, Carr BT, Carr BT. Sensory Evaluation Techniques [Internet]. CRC Press; 2006 [cited 2020 Dec 3]. Available from: <https://www.taylorfrancis.com/books/9781420005561>
25. Stone H, Sidel JL. Sensory Evaluation Practices: Third Edition. Sens Eval Pract Third Ed. 2004;1–374.
26. APHA. American Public Health Association. 2nd ed. Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. Washington; 2015.
27. ISO - ISO 6579:2002 - Microbiology of food and animal feeding stuffs —

- Horizontal method for the detection of *Salmonella* spp. [Internet]. 2002 [cited 2021 Aug 13]. p. 27. Available from: <https://www.iso.org/standard/29315.html>
28. ISO - ISO 6888-1:1999/Amd 2:2018 - Microbiology of food and animal feeding stuffs — Horizontal method for the enumeration of coagulase-positive staphylococci (*Staphylococcus aureus* and other species) — Part 1: Technique using Baird-Parker agar medium — Amendment 2: Inclusion of an alternative confirmation test using RPFA stab method [Internet]. 2018 [cited 2021 Aug 13]. p. 5. Available from: <https://www.iso.org/standard/64947.html>
 29. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/Gabinete do Ministro. Instrução Normativa nº 76 de 26 de novembro de 2018. Diário Oficial da União. Edição 230. Seção 1. p.9. [Internet]. Available from: [https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/52750137/do1-2018-11-30-instrucao-normativa-n-76-de-26-de-novembro-de-2018-52749894IN 76](https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/52750137/do1-2018-11-30-instrucao-normativa-n-76-de-26-de-novembro-de-2018-52749894IN%2076)
 30. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 80, de 13 de agosto de 2020. Edição 157. Seção 1.p.2 [Internet]. Brasil; Available from: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/instrucao-normativa-n-80-de-13-de-agosto-de-2020-272509723>
 31. Brasil. Portaria MAPA - 146, de 07/03/1996 | Defesa Agropecuária do Estado de São Paulo. Aprovar os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade dos Produtos Lácteos . [Internet]. 1996. Available from: <https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/legislacoes/portaria-mapa-146-de-07-03-1996,669.html>
 32. Fox PF, Uniacke-Lowe T, McSweeney PLH, O'Mahony JA. Dairy chemistry and biochemistry, second edition. Dairy Chemistry and Biochemistry, Second Edition. Springer International Publishing; 2015. 1–584 p.
 33. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 37, de 1º de outubro de 2018. Diário Oficial da União. Edição 194. Seção 1. p.23 [Internet]. Available from: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/44304943/do1-2018-10-08-instrucao-normativa-n-37-de-1-de-outubro-de-2018-44304612
 34. Brasil. Ministério da Saúde/Agência Nacional de Vigilância Sanitária/Diretoria Colegiada. Instrução Normativa nº 60 de 23 de dezembro de 2019. Diário Oficial da União. Edição 249. Seção 1.p.133 [Internet]. Available from: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-60-de-23-de-dezembro-de-2019-235332356>
 35. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/Gabinete do Ministro. Instrução Normativa nº 49 de 26 de setembro de 2018. Diário Oficial da União. Edição 187. Seção 1.p.4 [Internet]. [cited 2021 Aug 23]. Available from: https://www.in.gov.br/web/guest/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/42586576/do1-2018-09-27-instrucao-normativa-n-49-de-26
 36. Akalin A, Eriş D. Effects of inulin and oligofructose on the rheological characteristics and probiotic culture survival in low-fat probiotic ice cream. J Food

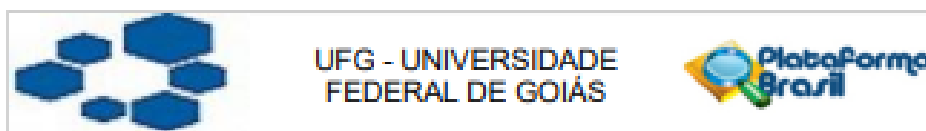
- Sci [Internet]. 2008 May [cited 2021 Aug 29];73(4). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18460135/>
37. Meneses RB, Silva MS, Monteiro MLG, Rocha-Leão MHM, Conte-Junior CA. Effect of dairy by-products as milk replacers on quality attributes of ice cream. *J Dairy Sci*. 2020 Nov 1;103(11):10022–35.
 38. Goff HD. Ice Cream and Frozen Desserts: Manufacture. In: Reference Module in Food Science [Internet]. Elsevier; 2016 [cited 2018 Jun 19]. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780081005965008325>
 39. Goff H. The Structure and Properties of Ice Cream and Frozen Desserts. *Encycl Food Chem* [Internet]. 2019 Jan 1 [cited 2019 Jul 22];47–54. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780081005965217034>
 40. FitzGerald RJ, Murray BA, Walsh DJ. Hypotensive Peptides from Milk Proteins. In: *Journal of Nutrition* [Internet]. American Institute of Nutrition; 2004 [cited 2020 Dec 3]. p. 980S-988S. Available from: <http://www.ul.ie/aceptides>
 41. Ramos I, Silva M, Antunes V, Praxedes C, Oliveira M. Development of ice cream with added buttermilk. *Brazilian J Food Technol* [Internet]. 2021 Jul 23 [cited 2021 Aug 18];24. Available from: <http://www.scielo.br/j/bjft/a/YLh4fjsRXCQNNkDbmCQKvZq/abstract/?lang=en>
 42. Faresin L da S. Desenvolvimento de sorvete funcional com redução de açúcar e gordura. 2019 Mar 26 [cited 2021 Aug 12]; Available from: <http://tede.upf.br/jspui/handle/tede/1815>
 43. Walstra P, Wouters JTM, Geurts TJ. *Dairy Science and Technology* 2nd Edition. CRC Press. 2005;891.
 44. Hame H, Jonkers D, Venema K, Vanhoutvin S, Troost F, Brummer R. Review article: the role of butyrate on colonic function. *Aliment Pharmacol Ther* [Internet]. 2008 Jan [cited 2021 Aug 24];27(2):104–19. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17973645/>
 45. Fuke G, Nornberg J. Systematic evaluation on the effectiveness of conjugated linoleic acid in human health. *Crit Rev Food Sci Nutr* [Internet]. 2017 Jan 2 [cited 2021 Aug 24];57(1):1–7. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27636835/>
 46. Abghari A, Sheikh-Zeinoddin M, Soleimanian-Zad S. Nonfermented ice cream as a carrier for *Lactobacillus acidophilus* and *Lactobacillus rhamnosus*. *Int J Food Sci Technol*. 2011 Jan;46(1):84–92.
 47. Bolfarini Harami J. Desenvolvimento de cerealem barra com gelado comestível simbiótico. [São Paulo]: Faculdade de Ciências Farmacêuticas; 2008.
 48. Szkolnicka K, Dmytrów I, Mituniewicz-Małek A. Buttermilk ice cream—New method for buttermilk utilization. *Food Sci Nutr* [Internet]. 2020 Mar 1 [cited 2021 Aug 18];8(3):1461. Available from: <https://pmc/articles/PMC7063380/>
 49. Barrett DM, Beaulieu JC, Shewfelt R. Color, Flavor, Texture, and Nutritional Quality of Fresh-Cut Fruits and Vegetables: Desirable Levels, Instrumental and Sensory Measurement, and the Effects of Processing. <https://doi.org/10.1080/10408391003626322> [Internet]. 2010 May [cited 2021 Aug

- 12];50(5):369–89. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10408391003626322>
50. Machado ALB. Desenvolvimento de extrato hidrossolúvel à base de Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) e Macadâmia (*Macadamia integrifolia*). 2017;116.
 51. Hallak R, José A, Filho P. Metodologia para análise de desempenho de simulações de sistemas convectivos na região metropolitana de São Paulo com o modelo ARPS: sensibilidade a variações com os esquemas de advecção e assimilação de dados. *Rev Bras Meteorol* [Internet]. 2011 Dec [cited 2021 Nov 26];26(4):591–608. Available from: <http://www.scielo.br/j/rbmet/a/RYYKg5VtRXXpSc9q3DRKPns/abstract/?lang=pt>
 52. Costa LM, Resende O, de Oliveira DEC, de Sousa KA. Isotermas e calor isostérico de sementes de *Buchenavia capitata* (Vahl) Eichler. *Rev Ciência Agronômica* [Internet]. 2015 [cited 2021 Nov 26];46(3):516–23. Available from: <http://www.scielo.br/j/rca/a/X8FmcDrvZsKzhNBnyDtn9zB/?lang=pt>
 53. Toneli JTCL, Murr FEX, Park KJ. Estudo da Reologia de Polissacarídeos utilizados na Indústria de Alimentos. *Rev Bras Prod Agroindustriais*. 2005 Dec 30;7(2):181–204.
 54. Chhabra RP, Richardson JF. Non-newtonian flow and applied rheology. *Non-Newtonian Flow Appl Rheol*. 2008;
 55. Bezerra J, Bezerra JRMV, Rigo M, Junior BD, Córdova KRV. Estudo do efeito da temperatura nas propriedades reológicas da polpa de morango (*Fragaria ananassa*)<p>A study of the effect of temperature upon the rheological behavior of strawberry pulp (*Fragaria ananassa*). *AMBIÊNCIA* [Internet]. 2009 Oct 3 [cited 2021 Nov 23];5(1):37–47. Available from: <https://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/view/227>
 56. Balthazar CF, Silva HLA, Cavalcanti RN, Esmerino EA, Cappato LP, Abud YKD, et al. Prebiotics addition in sheep milk ice cream: A rheological, microstructural and sensory study. *J Funct Foods*. 2017 Aug 1;35:564–73.
 57. Goktas H, Dikmen H, Bekiroglu H, Cebi N, Dertli E, Sagdic O. Characteristics of functional ice cream produced with probiotic *Saccharomyces boulardii* in combination with *Lactobacillus rhamnosus* GG. *LWT*. 2022 Jan 1;153:112489.
 58. Naczki M, Shahidi F. Extraction and analysis of phenolics in food. *J Chromatogr A*. 2004 Oct 29;1054(1–2):95–111.
 59. Pfrimer RT. Desenvolvimento e Avaliação de Bebida láctea fermentada acrescida de leiteiro e saborizada com polpa de cagaita (*Eugenia dysenterica*). [Goiânia]: Universidade Federal de Goiás; 2018.
 60. Oliveira MES, Pantoja L, Duarte WF, Collela CF, Valarelli LT, Schwan RF, et al. Fruit wine produced from cagaita (*Eugenia dysenterica* DC) by both free and immobilised yeast cell fermentation. *Food Res Int*. 2011 Aug 1;44(7):2391–400.
 61. Schiassi MCEV, Souza VR de, Lago AMT, Campos LG, Queiroz F. Fruits from the Brazilian Cerrado region: Physico-chemical characterization, bioactive compounds, antioxidant activities, and sensory evaluation. *Food Chem*. 2018 Apr

- 15;245:305–11.
62. Binda S, Hill C, Johansen E, Obis D, Pot B, Sanders ME, et al. Criteria to Qualify Microorganisms as “Probiotic” in Foods and Dietary Supplements. *Front Microbiol.* 2020 Jul 24;0:1662.
 63. Ouwehand A. A review of dose-responses of probiotics in human studies. *Benef Microbes* [Internet]. 2017 [cited 2021 Aug 27];8(2):143–51. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28008787/>
 64. Brasil.Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada nº 241, de 26 de julho de 2018 [Internet]. 2018 Jul [cited 2021 Aug 27]. Available from: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/34379910/do1-2018-07-27-resolucao-da-diretoria-colegiada-rdc-n-241-de-26-de-julho-de-2018-34379900
 65. Akalın AS, Kesenkas H, Dinkci N, Unal G, Ozer E, Kınık O. Enrichment of probiotic ice cream with different dietary fibers: Structural characteristics and culture viability. *J Dairy Sci.* 2018 Jan 1;101(1):37–46.
 66. Cruz AG, Antunes AEC, Sousa ALOP, Faria JAF, Saad SMI. Ice-cream as a probiotic food carrier. *Food Res Int.* 2009 Nov 1;42(9):1233–9.
 67. Mohammadi R, Mortazavian AM, Khosrokhavar R, da Cruz AG. Probiotic ice cream: viability of probiotic bacteria and sensory properties. *Ann Microbiol* 2011 613 [Internet]. 2011 Jan 6 [cited 2021 Aug 29];61(3):411–24. Available from: <https://annalsmicrobiology.biomedcentral.com/articles/10.1007/s13213-010-0188-z>
 68. LAB Color Space and Values | X-Rite Color Blog [Internet]. [cited 2021 Aug 10]. Available from: <https://www.xrite.com/blog/lab-color-space>

ANEXO I

Parecer Consubstanciado do CEP



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Desenvolvimento de sorvete funcional saborizado com polpa de cagaíta (Eugenia dysenterica)

Pesquisador: RENATA TEIXEIRA PFRIMER

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 09822018.9.0000.5083

Instituição Proponente: Escola de Veterinária e Zootecnia

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

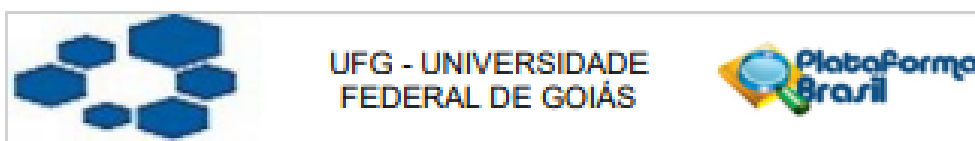
Número do Parecer: 3.509.927

Apresentação do Projeto:

Trata-se de um projeto de doutoramento em Ciência Animal da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás. Será desenvolvido um sorvete funcional saborizado com polpa de cagaíta. Serão elaboradas diferentes formulações de cada tratamento utilizando como ingredientes leite pasteurizado integral, creme de leite, soro lácteo, leiteiro, prebiótico, polpa de cagaíta, açúcar e estabilizante/espessante. A pesquisa será desenvolvida no Centro de Pesquisa em Alimentos da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás. A parceria com indústrias do setor de sorvetes encontra-se em negociação para que o processamento do alimento ocorra em uma indústria e assim sejam obtidos resultados que possam ser prontamente aplicados na prática, por se tratar de um projeto de inovação tecnológica. As formulações serão produzidas de acordo com as Boas Práticas de Fabricação (BPF), com rigorosas condições de higiene e controle de qualidade, garantindo a segurança do alimento. Os testes sensoriais serão realizados com 120-150 provadores com mais de 18 anos de idade e estão previstos para janeiro de 2020.

Como justificativa para a pesquisa está que o desenvolvimento de um sorvete funcional de cagaíta constitui uma atividade de inovação na área de ciência e tecnologia de alimentos, tanto em âmbito nacional como internacional, ao utilizar ingredientes que ainda não foram explorados na fabricação de sorvetes. Os ingredientes de destaque são os resíduos industriais que provocam grandes danos ao ambiente, que possuem grande potencial funcional e nutricional e são

Endereço: Pró-Reitoria de Pesquisa e Inovação - Agência UFG de Inovação, Alameda Flamboyant, Qd. K, Edifício K2			
Bairro: Campus Samambaia, UFG		CEP: 74.650-970	
UF: GO	Município: GOIÂNIA		
Telefone: (62)3521-1215	Fax: (62)3521-1163	E-mail: cep.prpi.ufg@gmail.com	



Continuação da Pesquisa: 3.509.937

subutilizados, além do uso de prebiótico e o uso de um fruto do Cerrado.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Desenvolver e avaliar um sorvete funcional saborizado com polpa de cagaíta (*Eugenia dysenterica*).

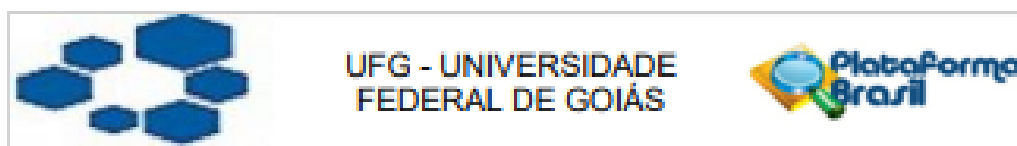
Objetivos secundários:

- Analisar os parâmetros físico-químicos e microbiológicos do leite.
- Analisar os parâmetros físico-químicos e microbiológicos do creme.
- Analisar os parâmetros físico-químicos e microbiológicos do soro lácteo.
- Analisar os parâmetros físico-químicos e microbiológicos do leiteího.
- Analisar os parâmetros físico-químicos e microbiológicos da polpa de cagaíta (*Eugenia dysenterica*).
- Determinar as concentrações dos ingredientes utilizando o Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR).
- Analisar os parâmetros físico-químicos, microbiológicos, estruturais e funcionais dos sorvetes de creme fabricados.
- Comparar os parâmetros estruturais e funcionais das diferentes formulações de sorvetes de creme fabricados.
- Realizar análises sensoriais do produto final e avaliar a aceitação dos produtos por 120 consumidores.
- Realizar análises sensoriais com 15 provadores treinados.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os riscos que podem estar associados ao desenvolvimento do projeto são os de alergia ou intolerância dos provadores a qualquer um de seus ingredientes: leite integral padronizado, creme, leiteího, açúcar, polpa congelada de cagaíta, porém voluntários que apresentem reação adversa a qualquer um dos ingredientes citados, serão automaticamente excluídos da pesquisa. Além disso, caso algum provador apresente reação adversa comprovada ao produto oferecido na presente pesquisa este será encaminhado para atendimento médico, nos Centros de Assistência Integral à Saúde (CAIS) e Hospitais Públicos de Goiânia (HC, HGG). Os benefícios são coletivos e estão relacionados à inovação tecnológica e desenvolvimento sustentável.

Endereço: Pró-Reitoria de Pesquisa e Inovação - Agência UFG de Inovação, Alameda Flamboyant, Qd. K, Edifício K2
Bairro: Campus Samambaia, UFG **CEP:** 74.690-970
UF: GO **Município:** GOIÂNIA
Telefone: (62)3521-1215 **Fax:** (62)3521-1163 **E-mail:** cep.ppi.ufg@gmail.com



Continuação do Parecer: 3.509.927

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O projeto apresenta consistência científica, relevância para a pesquisa e sociedade e está completo com justificativa, metodologia, cronograma e orçamento.

Os provedores da pesquisa (consumidores) deverão ter acima de 18 anos, ter interesse, disponibilidade e afetividade com produtos derivados de leite para participar e contribuir com este estudo. Serão excluídos os sujeitos com disfunção que comprometa a acuidade sensorial, que apresentem alergia ou intolerância a produtos derivados de leite, alergia ou intolerância a polpa de cagaita e pessoas com doenças que impedem a ingestão de um ou mais ingredientes presentes na formulação do produto. Serão convidados a participar da análise sensorial graduandos, pós-graduandos e colaboradores que frequentam a Universidade Federal de Goiás.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os documentos: Termo de Compromisso dos pesquisadores, Folha de Rosto, Projeto, Informações Gerais e uma segunda versão do TCLE, para atendimento de pendência, foram apresentados.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Sobre o atendimento das seguintes pendências:

1- Esclarecer como e onde os provedores serão recrutados.

Situação: Pendência Atendida.

2- Apresentar o TCLE com linguagem de fácil compreensão aos participantes em relação ao produto e procedimentos da pesquisa.

Situação: Pendência Atendida

3- No TCLE, acrescentar a solicitação ao provedor que permaneça no local da análise sensorial por 30 minutos para aumentar a segurança do provedor em relação ao desenvolvimento de alergia ou intolerância a algum ingrediente do produto.

Situação: Pendência Atendida

Todas as pendências apresentadas anteriormente foram atendidas. Sendo assim, por não haver óbice ético, somos favoráveis à aprovação do presente protocolo de pesquisa, smj deste Comitê.

Considerações Finais a critério do CEP:

Endereço: Pró-Reitoria de Pesquisa e Inovação - Agência UFG de Inovação, Alameda Flamboyant, Cdt. K, Edifício K2
Bairro: Campus Samambaia, UFG **CEP:** 74.690-970
UF: GO **Município:** GOIÂNIA
Telefone: (62)3521-1215 **Fax:** (62)3521-1163 **E-mail:** cep.prpi.ufg@gmail.com



Continuação do Parecer: 3.506.607

Informamos que o Comitê de Ética em Pesquisa/CEP-UFG considera o presente protocolo APROVADO, o mesmo foi considerado em acordo com os princípios éticos vigentes. Reiteramos a importância deste Parecer Consubstanciado, e lembramos que o(a) pesquisador(a) responsável deverá encaminhar ao CEP-UFG o Relatório Final baseado na conclusão do estudo e na incidência de publicações decorrentes deste, de acordo com o disposto na Resolução CNS n. 466/12 e Resolução CNS n. 510/16. O prazo para entrega do Relatório é de até 30 dias após o encerramento da pesquisa, previsto para dezembro de 2021.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1271506.pdf	22/07/2019 14:11:15		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_CEP.pdf	22/07/2019 14:10:57	RENATA TEIXEIRA PFRIMER	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Termo_de_compromisso_pesquisadores.jpg	13/12/2018 09:12:21	RENATA TEIXEIRA PFRIMER	Aceito
Outros	Ficha_Analise_sensorial.pdf	11/12/2018 11:14:02	RENATA TEIXEIRA PFRIMER	Aceito
Orçamento	Orcamento.pdf	11/12/2018 10:32:15	RENATA TEIXEIRA PFRIMER	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rosto.pdf	11/12/2018 10:31:53	RENATA TEIXEIRA PFRIMER	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Termo_Anuencia_Instituicao.pdf	11/12/2018 10:31:29	RENATA TEIXEIRA PFRIMER	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_CEP.pdf	11/12/2018 10:29:01	RENATA TEIXEIRA PFRIMER	Aceito
Cronograma	Cronograma.pdf	10/12/2018 17:24:40	RENATA TEIXEIRA PFRIMER	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Pró-Reitoria de Pesquisa e Inovação - Agência UFG de Inovação, Alameda Flamboyant, Cód. K, Edifício K2
Bairro: Campus Samambaia, UFG **CEP:** 74.690-970
UF: GO **Município:** GOIÂNIA
Telefone: (62)3521-1215 **Fax:** (62)3521-1163 **E-mail:** cep.prpi-ufg@gmail.com



Continuação de Parecer: 3.509.607

GOIANIA, 15 de Agosto de 2019

Assinado por:
Geisa Mozzer
(Coordenador(a))

Endereço: Pró-Reitoria de Pesquisa e Inovação - Agência UFG de Inovação, Alameda Flamboyant, Od. K, Edifício K2
Bairro: Campus Samambaia, UFG **CEP:** 74.680-970
UF: GO **Município:** GOIANIA
Telefone: (62)3521-1215 **Fax:** (62)3521-1183 **E-mail:** cap.prpi.ufg@gmail.com

ANEXO II

Tabela de atributos de aparência, aroma e textura gerados pela equipe sensorial, com suas definições e referências de intensidade.

Atributos	Definição	Referências
COR		
Cor amarela	É a percepção visual produzida pela estimulação da retina pelos raios luminosos de comprimento de onda referente à cor amarela 570-590 nm (variando de amarelo-esbranquiçado a amarelo forte).	FRACO: Sorvete de creme FORTE: Gema de ovo
Cor branca	É a percepção visual produzida pela estimulação da retina pelos raios luminosos da mistura de todas as cores.	FRACO: Leite líquido FORTE: Creme de leite
AROMA		
Cítrico	É a percepção da intensidade do aroma ácido devido a presença de polpa de cagaita.	FRACO: Suco de maracujá diluído FORTE: Suco de maracujá concentrado
Doce	É a percepção da intensidade do aroma adocicado.	FRACO: Leite líquido FORTE: Doce de leite
TEXTURA		
Aguada	É a percepção da intensidade da textura aquosa.	FRACO: Leite líquido FORTE: Leite condensado
Cremonosa	É a percepção da intensidade da textura pastosa.	FRACO: Leite líquido FORTE: Leite condensado
Densa	É a percepção da intensidade da textura carregada.	FRACO: Leite líquido FORTE: Leite condensado
Espumada	É a percepção da intensidade da formação de espuma.	FRACO: Leite espumado FORTE: Chantilly
Arenoso	É a percepção da intensidade da textura areenta.	FRACO: Sorvete de creme FORTE: Doce de leite ninho

Continuação - Tabela de atributos de aparência, aroma e textura gerados pela equipe sensorial, com suas definições e referências de intensidade.

Atributos	Definição	Referências
SABOR		
Azedo	É a percepção da intensidade do sabor azedo devido a presença de polpa de cagaita, característico de frutas cítricas.	FRACO: Mousse de maracujá menos concentrado FORTE: Mousse de maracujá concentrado
Amanteigado	É a percepção da intensidade da textura de manteiga.	FRACO: Sorvete de coco FORTE: Chocolate branco
Amargo	É a sensação de amargo produzida no instante em que a substância entra em contato com os botões gustativos (boca).	FRACO: Chocolate meio amargo (40%) FORTE: Chocolate amargo (80%)
Ranço	É a percepção da intensidade do sabor de alimentos gordurosos alterados.	FRACO: Manteiga FORTE: Manteiga rançosa
Doce	Sabor estimulado pela sacarose e outras substâncias doces como aspartame, ciclamato /sacarina, etc.	FRACO: Leite fluido FORTE: Leite condensado

ANEXO III

Ficha para análise descritiva das amostras de sorvete funcional probiótico

Nome: _____		Data: ____/____/____
Por favor, avalie cada amostra quanto a intensidade dos atributos a seguir.		
<u>Aparência</u>		
Cor amarela	Fraco _____	Forte
Branco	Fraco _____	Forte
<u>Aroma</u>		
Cítrico	Fraco _____	Forte
Doce	Fraco _____	Forte
<u>Textura</u>		
Aguada	Fraco _____	Forte
Creмоса	Fraco _____	Forte
Densa	Fraco _____	Forte
Espumado	Fraco _____	Forte
Arenoso	Fraco _____	Forte
<u>Sabor</u>		
Azedo	Fraco _____	Forte
Amanteigado	Fraco _____	Forte
Amargo	Fraco _____	Forte
Ranço	Fraco _____	Forte
Doce	Fraco _____	Forte